

Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Odsjek za informacijske i komunikacijske znanosti

Ak. god. 2017./2018.

Antonija Vnučec

**Multimedijska instruktivna poruka i principi multimedijskog
dizajna**

Diplomski rad

Mentorica: prof.dr.sc. Tomislava Lauc

Zagreb, 2018.

Sadržaj

Sadržaj	2
1.Uvod	3
2.Što je multimedij?	5
3.Multimedijsko poučavanje vs. klasično verbalno poučavanje	7
4.Što se želi postići multimedijskom instruktivnom porukom?	9
5.Kako ljudi uče iz riječi i slika?	12
Teorija kognitivnog opterećenja	18
Teorija radnog pamćenja	25
Teorija dvostrukog kodiranja.....	28
6.Kognitivna teorija multimedijskog učenja	32
7.Principi multimedijskog dizajna	40
Princip koherentnosti	44
Princip signalizacije	45
Princip redundatnosti	46
Princip prostorne i vremenske usklađenosti	46
Princip segmentacije	48
Princip upoznatosti	49
Princip modaliteta	50
Princip personalizacije	50
Princip glasa	51
Princip slike	52
8.Osvrt na Duolingo i Memrise u kontekstu KTMU-a	52
9.Zaključak	55
10.Literatura	57

1. Uvod

Multimedij ima široko značenje, a pod tim se pojmom u ovome radu podrazumijeva prikaz sadržaja koji ima dva prezentacijska formata – verbalni i slikovni. Multimedij je vremenski sinkronizirana kombinacija riječi, bilo tiskane ili govorene, te slike, kako statične (fotografija, ilustracija, mapa, graf, dijagram, tablica), tako i dinamične (animacija, video, GIF) (Mayer, 2001).

„Multimedijska instruktivna poruka je komunikacija u kojoj se koriste riječi i slike, a kojoj je namjera poučavanje“ (Mayer, 2001, str. 21). Riječ *poruka* uključuje komunikaciju između pošiljatelja i primatelja, dok nam riječ *instruktivna* kazuje da je primatelj zapravo učenik te da je cilj ove poruke upravo poticanje usvajanja znanja i boljeg razumijevanja sadržaja. Primjeri multimedijske instruktivne poruke su, tako, animacija i popratni tekst koji objašnjavaju nastanak munja, video klip o širenju Rimskog carstva popraćen audio objašnjenjem, graf u udžbeniku ispod kojeg se nalazi tekstualno objašnjenje itd. Multimedijsko učenje nastupa kada učenik izgrađuje smislene mentalne veze između riječi i slika što rezultira boljim razumijevanjem u usporedbi s učenjem iz slika ili riječi pojedinačno.

„Kako bismo uvidjeli kako oblikovati multimedijsku poruku, potrebno je razumjeti kako ljudi uče iz riječi i slika“ (Mayer, 2001, str. ix). Ukoliko želimo istaknuti najvažniji dio te tvrdnje, bio bi to „razumjeti kako ljudi uče iz riječi i slika“. Riječi u navodnim znacima nećemo rastaviti na, npr., „razumjeti kako ljudi uče“ te „riječi i slika“, upravo zato jer se učenje u multimedijskom kontekstu mora proučavati kao zaseban način učenja. Zašto? Iako ima puno zajedničkih točaka s konvencionalnim učenjem kroz puko čitanje teksta iz udžbenika ili slušanje predavača i njegovog izlaganja, multimedijsko učenje, tj. učenje uporabom dvaju kanala ili dvostruko kodiranje, zahtjeva dodatni umni napor budući da se obrađuju informacije dobivene i zvučnim i vizualnim signalom. Sukladno tome, u jednom dijelu ovog rada će se govoriti o kognitivnoj teoriji multimedijskog učenja te o tome što je na nju utjecalo i iz nje proizašlo. Na nju će se nadovezati principi multimedijskog dizajna i pregled odgovarajućih istraživanja koja imaju za cilj ukazati na

eventualnu neplodonosnu praksu multimedijske instrukcije te uporabu kognitivnog pristupa kako bi se takva praksa izbjegla. U tom smislu u radu će pokušati dati odgovor na pitanje *Koji je način oblikovanja multimedijske instruktivne poruke učinkovit u poboljšanju učenja?*

2. Što je multimedij?

Pridjev multimedijalan je u Anićevoj rječniku iz 2007. definiran kao: „Koji se sastoji od više medija koji djeluju kao cjelina u istom projektu ili namjeni“ (Anić, 2007, str. 261). Prema Hrvatskoj enciklopediji Leksikografskog zavoda Miroslav Krleža (2018), multimedij je: „Istodobni prikaz sadržaja u više oblika, ponajprije u riječi i slici...“ te također navode da se ovaj pojam početkom 1980-e počeo povezivati s računalima pa da od tada označava sve ono što zaokuplja osjet vida i sluha u računalnom okruženju. Richard E. Mayer (Mayer, 2001) svoju definiciju multimedija ne ograničava samo na računalno okruženje, ali razvoju računalne tehnologije pripisuje „eksploziju“ dostupnosti multimedijских materijala. Mark Elsom-Cook (Cook, 2001) napisao je kako vjerojatno svi mi imamo ideju što bi točno multimedij mogao biti, ali ipak nitko sa sigurnošću ne može dati točnu definiciju.

Sigurno je, ipak, da se multimedij može promatrati s tri stajališta (Mayer, 2001). Prvo takvo stajalište je multimedij kao sredstvo prijenosa poruke, a odnosi se na fizički objekt koji se koristi za prijenos slike i riječi. Primjerice, tijekom školskog sata nastavnik će na ploči skicirati dijagram i istovremeno objašnjavati što se na njemu nalazi. Materijal će biti isporučen putem ploče (slika) i nastavnikovih govornih organa (riječ). Međutim, ovaj pogled demantira udžbenik kao multimedij jer je u tom slučaju jedino sredstvo prijenosa poruke tinta tiskana na papiru.

Drugo stajalište s kojeg se multimedij može promatrati je multimedij kao format prikaza poruke, a odnosi se na način na koji je materijal prikazan – upotrebom riječi ili slike. Na primjerima iz prethodnog odlomka, kad nastavnik skicira dijagram i tumači ga, verbalni format prikaza poruke je govor, a slikovni dijagram. Prilikom korištenja udžbenika, verbalni format je tekst, a slikovni fotografije, ilustracije, grafovi i slično.

Zadnje, treće, stajalište se odnosi na medij kao osjetila kojima se primatelj koristi za primanje poruke, odnosno na osjetilo vida i osjetilo sluha. Dok nastavnik skicira dijagram, skica će biti percipirana vizualno kroz osjetilo vida, a nastavnikovo predavanje slušno kroz osjetilo sluha. Tijekom korištenja udžbenika, i tekst i slike bit će inicijalno

percipirani vizualno, no riječi će kasnije dobiti svoj verbalni kod. U Tablici 1 je sažet pregled triju stajališta promatranja multimedija.

Pogledu na multimedij kao na uređaj kojim se prenosi poruka mnogi zamjeraju to što je fokus na tehnologiji umjesto na primatelju poruke. Kod učenja pomoću tehnologije takav pristup se naziva tehnološki orijentiran. Postavimo li pitanje „Kako inkorporirati najnoviju tehnologiju u proces učenja?“, ignoriramo ulogu učenika, a naglasak stavljamo na uređaje koji su nedavno izašli iz tvornica. Ovakav pristup je, gledano unatrag stotinjak godina, pogrešan. Od novih tehnologija, poput filma 1920-ih i televizije 1950-ih očekivalo se da će iz temelja promijeniti edukacijski sustav, no ta očekivanja nisu nikad bila dosegnuta upravo zato jer se od korisnika očekivalo da će se prilagoditi mediju, a ne medij korisnicima i njihovom načinu učenja.

<i>Stajalište</i>	<i>Definicija</i>	<i>Primjer</i>
<i>Sredstvo prijenosa</i>	dva ili više uređaja	zaslon računala i zvučnici; projektor i nastavnikov glas
<i>Format prikaza</i>	verbalni i slikovni prikaz	tekst na ekranu i animacija; tiskani tekst i ilustracija
<i>Osjetila primatelja</i>	vizualna i slušna osjetila	naracija i animacija, predavanje i slajdovi

Tablica 1 - Tri pogleda na multimedij (prema Mayer, 2001, str.7)

Multimedij kao format prikaza poruke i multimedij kao osjetilo kojim se primatelj koristi prilikom primanja poruke su orijentirani na korisnika. To znači da je učenik polazna točka u promišljanju o oblikovanju multimedijske instrukcije. Ona je također u skladu s kognitivnom teorijom učenja koja pretpostavlja da čovjek usvaja znanje obradom informacija kroz više odvojenih kodnih kanala (kanali za vizualno i za slušno procesuiranje), tj. dvostrukim kodiranjem. „Ovaj pristup polazi prvo od problema kako oblikovati multimedijski sadržaj, a zatim kako ga prilagoditi i najpogodnije iskoristiti multimedijску tehnologiju, kako bi se pomoglo ljudskoj spoznaji“ (Mateljan, Širanović & Šimović, 2009, str. 39).

3. Multimedijsko poučavanje vs. klasično verbalno poučavanje

Razgovor je neupitno dominantan način komunikacije među ljudima. Na verbalan način izražavamo svoje potrebe, želje, ideje i strahove. Isto tako, najčešće verbalnim putem dajemo jedni drugima objašnjenja i prenosimo informacije. Zbog toga nije ni čudno što je, kako u svakodnevnom životu, tako i u školama, primaran način prijenosa znanja verbalno – živom riječju nastavnika i učenika ili, pak, tekstovima u udžbenicima. Takav način prijenosa znanja nazivamo verbalnim učenjem, a tom nazivu dodajem i pridjev klasičan kako u nastavku rada ne bi došlo do nedoumica.

(1) Razmislimo! Pretpostavka je da se svima nama barem jednom u životu dogodila situacija u kojoj nas netko pita: „Je li je ovo dobar put za doći do autobusnog kolodvora? Kako da dođem do tamo?“ Zamislimo prvu situaciju. Uz pretpostavku da nam se nekamo žuri, odmahnut ćemo rukom i otići ili ukratko riječima opisati put te sve to popratiti mahanjem ruku u smjerovima kojima bi trebalo skrenuti. U drugoj situaciji pretpostavka je da imamo dovoljno slobodnog vremena. Vjerojatno ćemo uzeti papir i olovku i nacrtati improviziranu kartu. U nedostatku istog – prstom ćemo pokazivati zamišljene ceste, zgrade i puteve kojima bi se trebalo kretati kako bi se došlo do autobusnog kolodvora. Riječima ćemo opisati put, a istovremeno ćemo ga pokazati vizualno – nacrtanog na papiru ili prstom zamišljenog u zraku.

Primijetimo! Našli smo se u situaciji u kojoj nekome trebamo objasniti put od točke razgovora do autobusnog kolodvora. S obzirom na to da je taj put u realnom prostoru, lakše ćemo ga objasniti ukoliko pred sobom imamo kartu ili skiciranu mapu, nego da ga opisujemo usmeno. Zbog toga se čak i u zadnjoj situaciji (kada nemamo papir i olovku za skiciranje karte) javlja potreba za gestikulacijom – vizualnim pokazivanjem smjera kojim bi se trebalo kretati. Osim toga, ako imamo mogućnost pokazati put do kolodvora na mobilnom uređaju putem aplikacije Google Karte, možemo unijeti točku polaska i cilj. Vidjevši plavu liniju kojom se trebamo kretati, niti ne trebamo objasniti put riječima, slika je dovoljna.

(2) Razmislimo! Profesor filozofije sa svojim studentima nastavničkih smjerova treba obraditi pojam autoriteta i njegovu nužnost u odgojnim procesima. Govorit će o permisivnom, autoritativnom, autoritarnom i ravnodušnom odgojnom stilu, govorit će o Rousseau, Kantu, o pozitivnim i negativnim efektima te izazovima pedagoškom autoritetu. Primijetit ćemo da bi filozofske teme bilo teško slikovno prikazati.

Neki mediji bolje od drugih prenose određene poruke. Prednost multimedija je mogućnost prijenosa više vrsta poruka odjednom – i slike i riječi. Osim toga, prema teoriji dvostrukog kodiranja (Paivio, 1971), ljudi imaju dva kanala za obradu informacija: jedan za verbalni materijal i jedan za vizualni.

Dakle, zašto bismo mogli reći da su dvije vrste prikaza informacija bolje od jedne? S kvantitativnog gledišta, koristeći dvije vrste prikaza informacija možemo prezentirati više materijala. No, s kvalitativnog gledišta, riječi i slike nisu dva jednako vrijedna načina prikaza materijala. Kao što to možemo vidjeti u odlomcima iznad, riječi bolje prenose neke poruke, dok slike bolje prenose one druge. Prema Mayeru (Mayer, 2001, str. 5), riječi i slike, dva kvalitativno različita kanala, se međusobno dopunjuju: „U procesu pokušavanja stvaranja veza između riječi i slika učenici mogu izgraditi dublje razumijevanje nego samo iz slika ili samo iz riječi“.

Napredak tehnologije omogućilo je razvoj u svim poljima pa tako i u poučavanju pomoću multimedija. Danas gotovo svaki dom ima osobno računalo, tablet ili mobitel. Zbog sveopće prisutnosti tehnologija, mogućnost dizajniranja multimedijske instruktivne poruke postala je dostupna gotovo svima. U takvom okruženju, nije neuobičajeno da instrukcijske poruke sadrže veliku količinu medija čija je namjera pobuditi uzbuđenje te zadržati učenikovu pozornost. Međutim, slike i riječi koje su u multimedijskoj instruktivnoj poruci namijenjene stimulaciji mogu vrlo brzo postati kontraproduktivne ukoliko se nastavnik/dizajner ne drži načela multimedijskog dizajna.

4. Što se želi postići multimedijском instruktivnom porukom?

Gradnju smislenih mentalnih veza između prezentiranih riječi i slika smatramo multimedijским učenjem. Učenje je promjena u mentalnim strukturama koja nastaje kao posljedica procesa stjecanja novih informacija. „Svrha znanosti o učenju je teorija temeljna na istraživanjima o tome kako učenje funkcionira“ (Clark & Mayer, 2011, str.33). Slično tome, R. Mayer (Mayer, 2008) navodi da je poučavanje učiteljeva manipulacija učenikovog iskustva u svrhu poticanja učenja. Stoga, nastavlja: „Svrha znanosti o poučavanju je skup na istraživanjima temeljenih načela o tome kako dizajnirati, razvijati te isporučiti instrukciju“ (Clark & Mayer, 2011, str. 33). Princip multimedija je da ljudi uče kvalitetnije iz slika i riječi, nego isključivo iz slika¹. Multimedijска instruktivna poruka ima dva sudionika koji svaki imaju svoju krucijalnu ulogu. Ona se posredno ostvaruje između osobe koja poruku šalje, odnosno nastavnika koji poučava, te osobe koja tu poruku prima, odnosno učenika koji uči. Na učeniku je odgovornost kvalitetne obrade informacija te stvaranja smislenih mentalnih veza, dok je uloga nastavnika/dizajnera multimedijске instruktivne poruke olakšati učenje svom učeniku te ga usmjeravati. „Suprotno informaciji, koja je objektivno stavka koje može biti preneseno iz jednog uma u drugi, znanje učenik samostalno gradi te kao takvo ne može biti preneseno u istom značenju iz jednog uma u drugi“ (Mayer, 2001, str.13).

U kontekstu teorije multimedijskog učenja R. Mayer (Mayer, 2005b) govori o tri metafore multimedijskog učenja. To su zapravo tri pogleda na učenje koji različito tumače rezultat koji bi se trebao postići suočavanjem učenika s multimedijском instruktivnom porukom. Samim time, u sva tri pogleda i učenici i nastavnici/dizajneri multimedijске instruktivne poruke imaju različitu ulogu. Tri metafore su: multimedijско učenje kao instrumentalno uvjetovanje, multimedijско učenje kao preuzimanje informacija te multimedijско učenje kao izgradnja znanja.

Pod metaforom multimedijskog učenja kao instrumentalnog uvjetovanja zapravo se misli na multimedij kao sustav uvježbavanja praktičnih vještina na temelju jačanja i

¹ Princip multimedija kao pojam uveo je Mayer u svojoj knjizi *Multimedia learning* iz 2001.

slabljenja veza između podražaja i reakcije ovisno o tome je li je povratna informacija poželjna ili nepoželjna, a temelji se na Thorndikeovom zakonu učinka iz 1913. godine. Taj zakon kaže da su odgovori uvjetovani povratnom informacijom, odnosno odgovori koji su praćeni povoljnim posljedicama imaju veću vjerojatnost ponavljanja u istim situacijama u budućnosti, dok odgovori koji imaju nepovoljnu posljedicu postaju manje vjerojatni u istoj situaciji u budućnosti (Wikipedia c). „Podražaj koji se javio poslije ponašanja utječe na buduće ponašanje“ (Vizek Vidović, Rijavec, Vlahović-Štetić & Miljković, 2003, str. 151). Ovaj se pogled proučavao u prvoj polovici dvadesetog stoljeća i bazirao se primarno na eksperimentima sa životinjama u umjetno stvorenom laboratorijskom okruženju. Dakle, nastavnik/dizajner multimedijske instruktivne poruke oblikuje situaciju postavljajući pitanje poput, na primjer, „Koliko znamenki ima binarni brojevni sustav?“, te nakon učenikovog odgovora pruža poželjnu ili nepoželjnu povratnu informaciju poput „Bravo! Tvoj odgovor je točan!“ ili „Nažalost, tvoj odgovor je netočan!“. Ukoliko je povratna informacija poželjna, učenik će ponoviti ponašanje koje je tu reakciju izazvalo. Ako je povratna informacija nepoželjna, učenik isto ponašanje neće ponoviti, odnosno ubuduće na to pitanje neće odgovoriti istim odgovorom. Učenikova uloga je poprilično pasivna; odgovoriti na pitanje te primiti nagradu ili kaznu. Cilj takve instruktivne poruke je mehaničko učenje i učenje vještina. Mayer (2005b) učenju na ovakav način zamjera nepotpunost. Tvrdi da iako se neke kognitivne vještine mogu naučiti na ovakav način, za učenje koncepata, strategija ili primjenu kritičkog mišljenja ipak nije dovoljno dobar.

Metafora multimedijskog učenja kao preuzimanja informacija podrazumijeva jednostavno dodavanje informacija u učenikovo pamćenje, odnosno puko zapamćivanje. Ova metoda se razvijala između 1950-ih i 1970-ih (Mayer, 1999), ali još i danas je jako česta u klasičnoj nastavi gdje učenici slušaju predavanja bez ikakve kognitivne aktivnosti te pokušavaju bez razumijevanja zapamtiti što više informacija. Kao što je ranije spomenuto, informacija je objektivno stavka koja može biti prenesena iz jednog uma u drugi kao, na primjer, posredno putem udžbenika ili zaslona računala u učenikovu memoriju. Uloga nastavnika/dizajnera je učinkovito prezentirati informaciju, dok je učenik, s druge strane, samo pasivni primatelj informacije koju ne obrađuje, nego samo pohranjuje u memoriju. Na učenikov um se gleda kao na praznu ploču koju

nastavnik treba ispuniti informacijama. U svojoj kritici ovog pogleda na učenje Mayer pomalo sarkastično ističe kako učenici nisu „kazetofoni koji pažljivo snimaju svaku izgovorenu riječ“ (Mayer, 2001, str. 13). Također, smisao multimedija ne vidi u beskrajnom gomilanju informacija, već u razumijevanju prezentiranog materijala te mogućnosti korištenja naučenog.

Suprotno multimedijском učenju kao preuzimanju informacija, u metafori o izgradnji znanja na multimedij se gleda kao na kognitivnog pomagača koji kod učenika potiče izgradnju skladnih mentalnih veza na temelju prezentiranog materijala te povezivanje s već postojećim znanjem. „Cilj multimedijske instruktivne poruke nije samo prezentirati informaciju, nego i pružiti smjernice kako prezentirane informacije obraditi, odnosno odrediti na što obratiti pažnju, kako to mentalno organizirati i kako povezati s prethodnim znanjem“ (Mayer, 2001, str. 15). Dakle, učenik je u ovom pogledu na učenje protagonist jer odgovornost leži na njemu samome, a njegov nastavnik je samo osoba koja će ga gurnuti u pravom smjeru.

Iako sve tri predstavljene metafore multimedijског učenja imaju svoju vrijednost, suvremene tehnike i metode učenja te poučavanja trebale bi biti okrenute pogledu na učenje kao izgradnju znanja i razvijanju kritičkog mišljenja. Od onog primitivnog učenja kao instrumentalnog uvjetovanja „ako se netko jednom opeče na vatru, neće to opet ponoviti“, preko učenja kao preuzimanja informacija, lekcionizma i formalističkog učenja kada su učenici nastavni sadržaj dobiven u školi morali memorirati na isti način kako ga je nastavnik izrekao, bez dubljeg razumijevanja i povezivanja, kada se cijenila reprodukcija, a ne uporabna vrijednost znanja, došli smo do pogleda na učenje kao na izgradnju znanja koja potiče kognitivni napor i interpretaciju prezentiranih informacija u svrhu dubljeg razumijevanja te uporabne vrijednosti znanja. Dobro promišljenom i oblikovanom multimedijском instruktivnom porukom trebao bi se efikasno postići ideal učenja kao izgradnje znanja.

Ukoliko je cilj učenja bilo zapamćivanje prezentiranih informacija, to će se provjeriti ispitivanjem sposobnosti reprodukcije i prepoznavanja materijala kroz testove pamćenja i zapamćivanja. Zadatak koji bi se u takvom testu mogao pojaviti je „Napišite što ste sve zapamtili nakon gledanja videa o nastanku olujnog nevremena“. Testovima

transfera, s druge strane, provjerava se razumijevanje materijala, odnosno sposobnost korištenja novostečenog znanja u rješavanju problema u novim situacijama. Zadatak u takvom testu mogao bi biti „Navedite u kojim bi se još situacijama mogao koristiti uređaj iz videa“.

No, kako dizajnirati kvalitetnu multimedijску instruktivnu poruku? Prvi korak je, dakle, odrediti koji je njen cilj, postaviti si pitanje „Što želimo postići ovom multimedijskom instruktivnom porukom?“. Hoće li to biti uvježbavanje nekih kognitivnih vještina, ili možda reprodukcija informacija, ili možda ipak razumijevanje funkcioniranja nekog koncepta? Odgovorivši na to pitanje, sljedeći korak je znati koji procesi se događaju prilikom učenja. Postavlja se pitanje „Kako ljudi uče iz riječi i slika?“. Ovdje će pomoći kognitivna psihologija. Među ostalima, cilj kognitivne psihologije je dati odgovor na pitanje „Kako se odvijaju procesi učenja?“, a istraživanja su u početku bila usmjerena pretežito na pojave poput pokreta očiju, usmjeravanja pažnje, vremena prepoznavanja te djelovanja interferencije i transfera na učenje (Vidović, Rijavec, Vlahović-Štetić. Miljković, 2003), odnosno na detalje koji u multimedijском okruženju, kada je čovjek suočen s učenjem putem dvaju kanala, mogu značiti veliku razliku.

5. Kako ljudi uče iz riječi i slika?

Način na koji će učenik smisleno usvojiti - izgraditi - znanje je aktivno učenje; ono u kojem učenik nije pasivni gledatelj, rekli bi onaj koji sjedi u gledalištu kina, nego glavni glumac hit hollywoodskog filma. Biti aktivan tijekom učenja može podrazumijevati neki fizički postupak, tj. bihevioralnu aktivnost poput rješavanja kviza ili, pak, neku kognitivnu aktivnost, obradu informacija, odnosno sve one procese koji se događaju u umu osobe koja uči.

Bihevioralna aktivnost je u uskom srodstvu s učenjem kao instrumentalnim uvjetovanjem, u tom pristupu: „...učenje je povezano sa stvaranjem asocijacija između određenih podražaja i reakcija organizma. Biheviorizam je ukazao na važnu ulogu

potkrepljivanja ili nagrađivanja u procesu učenja“ (Jukić, 2013, str. 242). Lako bi bilo zaključiti da je „učim dok radim“ pristup najučinkovitiji, ali istraživanja u kontekstu multimedijskog učenja pokazuju da se smisleno učenje postiže kognitivnom, a ne bihevioralnom aktivnošću (Mayer, 2001). Bihevioralna aktivnost sama po sebi ne garantira mentalnu aktivnost koja je nužna u smislenom učenju. No, s druge strane, upitno je i učenje u kojem je učenik samo kognitivno angažiran jer se naoko čini da samo sjedi pred, recimo, računalom gledajući multimedijski prikaz nastanka grmljavine. Naravno, ukoliko prezentirana multimedijaska instruktivna poruka dugo traje, dosadna je i nepovezana, vrlo vjerojatno neće polučiti željeni rezultat. No, dobro dizajnirana multimedijaska instruktivna poruka poticat će aktivnu obradu, to jest organiziranje informacija, povezivanje s već postojećim znanjem te njihovu prilagodbu u već postojeću mentalnu shemu. U Tablici 2 sažeti su učinci visoke i niske bihevioralne i kognitivne aktivnosti prilikom multimedijskog učenja. Bihevioralna aktivnost, bila ona visoka ili niska, uglavnom ne potiče smislene ishode učenja, dok i visoka i niska kognitivna aktivnost potiču. Pod smislenim ishodima učenja podrazumijevamo razumijevanje sadržaja s mogućnošću rješavanja prepreka u novim situacijama.

		<i>kognitivna aktivnost</i>	
		<i>niska</i>	<i>visoka</i>
<i>bihevioralna aktivnost</i>	<i>niska</i>	Ne potiče smislene ishode učenja	Potiče smislene ishode učenja
	<i>visoka</i>	Ne potiče smislene ishode učenja	Potiče smislene ishode učenja

Tablica 2 - Kognitivna i bihevioralna aktivnost u multimedijskom učenju (prema Mayer, 2001, str. 19)

Nije bilo neuobičajeno dizajnirati multimedijску instrukciju samo na temelju intuicije. Bliješteća, šarena slova u stilu Las Vegasa, napadno animirane fotografije,

dvije-tri šaljive, ali bespotrebne slike na slajdu PowerPoint prezentacije, nasumična glazba u pozadini, brojni gumbi u interaktivnom video klipu, figura mudre sove u kutu ekrana koja govori te prati učenika kroz multimedijску instrukciju zbijajući šale... Čini se kao da je to sve korisno jer će privući učenikovu pozornost te ga na taj način potaknuti na učenje. Na temelju onoga što danas znamo, navedene upadljive sheme su daleko od optimalnog učenja. One ne da neće poticati na učenje, nego će ga zapravo i ometati upravo zato jer ignoriraju čovjekove kognitivne procese. Kako bi se maksimizirala učinkovitost multimedijске instruktivne poruke, u njenom dizajnu bi se, zato, trebali koristiti rezultati provedenih istraživanja, a ne intuicija. Upravo o takvom načinu oblikovanja nam govori kognitivna teorija multimedijskog učenja.

Kognitivna teorija multimedijskog učenja, (Cognitive Theory of Multimedia Learning) koja zapravo okuplja smjernice dizajna efektivne multimedijске instruktivne poruke, temeljena je na kognitivnoj teoriji učenja te empirijskim istraživanjima. Nju su popularizirali Richard E. Mayer, edukacijski psiholog te pionir u području istraživanja učenja pomoću instruktivnog multimedija, te ostali istraživači u polju kognitivne psihologije koji tvrde da ljudi uče kvalitetnije iz kombinacije slike i teksta, nego samo iz teksta jer im kombinacija tih dvaju medija omogućava da stvaraju smislene mentalne veze te tako „grade znanje“. Također tvrde da kako bi multimedijска instruktivna poruka bila efektivna i postigla cilj učenja s razumijevanjem, ona mora biti dizajnirana u skladu s načinom na koji ljudski mozak funkcionira prilikom učenja.

Richard Mayer svoju teoriju opisuje kao: „...pokušaj pomoći ostvarivanja cilja [kompatibilnosti oblikovanja multimedijске instruktivne poruke s čovjekovim načinom učenja] opisivanjem načina na koji ljudi uče iz riječi i slika, temeljen na dosljednim dokazima empirijskih istraživanja te na načelima konsenzusa u kognitivnoj znanosti“ (Mayer, 2005a, str. 32).

Glavna ideja koju opisuje KTMU je to da ljudi uče dublje iz kombinacije riječi iz slika, no što bi to mogli iz ta dva izvora pojedinačno, a svrha multimedijске instrukcije je potaknuti učenika na aktivno učenje te obradu prezentiranog sadržaja kako bi naposljetku usvojio znanje koje je sposoban koristiti u budućim situacijama.

Razvoj KTMU-a² bio je vođen četirima kriterijima (Mayer, 2005a):

- Teorijska prihvatljivost – u skladu s principima učenja u kognitivnoj znanosti, dakle u skladu s načinom na koji ljudi uče
- Mogućnost testiranja – predviđanja se mogu znanstveno ispitati
- Empirijska prihvatljivost – u skladu s rezultatima empirijskih istraživanja o multimedijском učenju
- Primjenjivost – omogućuje poboljšanje u dizajnu multimedijske instruktivne poruke

Prisjetimo se koraka u dizajniranju kvalitetne multimedijske instruktivne poruke (pogledaj str. 10). Prvi korak smo završili, na pitanje „Što želim postići ovom multimedijском instruktivnom porukom?“ odgovorili smo „Izgraditi znanje“. Sljedeći korak je odgovoriti na pitanje „Kako ljudi uče iz riječi i slika?“. Dizajn multimedijske instrukcije uvelike ovisi o dizajnerovoj ideji o tome kako ljudski um funkcionira. Ukoliko je instruktivna poruka u obliku PowerPoint dijaprojekcije te se sastoji od 20 slajdova ispisanih činjenicama u vidu velike količine teksta, npr. o Drugom svjetskom ratu, dizajner vjerojatno smatra da je učenik nadčovjek koji može zapamtiti velike količine informacija mirno sjedeći te čitajući jednodimenzionalne riječi na ekranu.

Prvo, prezentirajući velike količine informacija, možemo zaključiti da dizajner pretpostavlja da učenik može zapamtiti i obraditi neograničen broj nepovezanih informacija. Dizajner instrukcije je u ovom slučaju subjekt koji prezentira informacije učeniku koji ih pasivno prima i pamti kao što bi to kazetofon snimao svaku izgovorenu riječ. Drugo, sve informacije su prezentirane na jednak način – slovom na ekranu. Na takav način je ignoriran potencijal koji bi pružili zvučni podražaji ili, pak, slikovna objašnjenja. U nekoliko riječi, dizajner iz ovog primjera ljudski um vidi kao sustav koji prima informacije kroz jedan kanal, ima neograničen kapacitet te pasivni sustav obrade informacija. Njegov pogled na funkcioniranje ljudskog uma se u potpunosti kosi s CTML-om.

² KTMU = kognitivna teorija multimedijского učenja. Kroz rad će se ponekad koristiti ova pokrata.

Kognitivna znanost proučava prirodu mozga te mentalne procese poput opažanja, razmišljanja, razumijevanja jezika, pamćenja i učenja, a temelji se na istraživanjima iz raznih područja uključujući psihologiju, neuroznanost, umjetnu inteligenciju, biologiju, lingvistiku, filozofiju, računarstvo i tako dalje (Sorden, 2012). „Kao takva, kognitivna znanost može pružiti moćan uvid u ljudsku prirodu te, još i važnije, potencijal razvijanja rastuće moćnih informacijskih tehnologija“ (Sorden, 2005, str. 265).

Pretpostavke na kojima se temelji kognitivna teorija multimedijskog učenja (Mayer, 2005a, 2011):

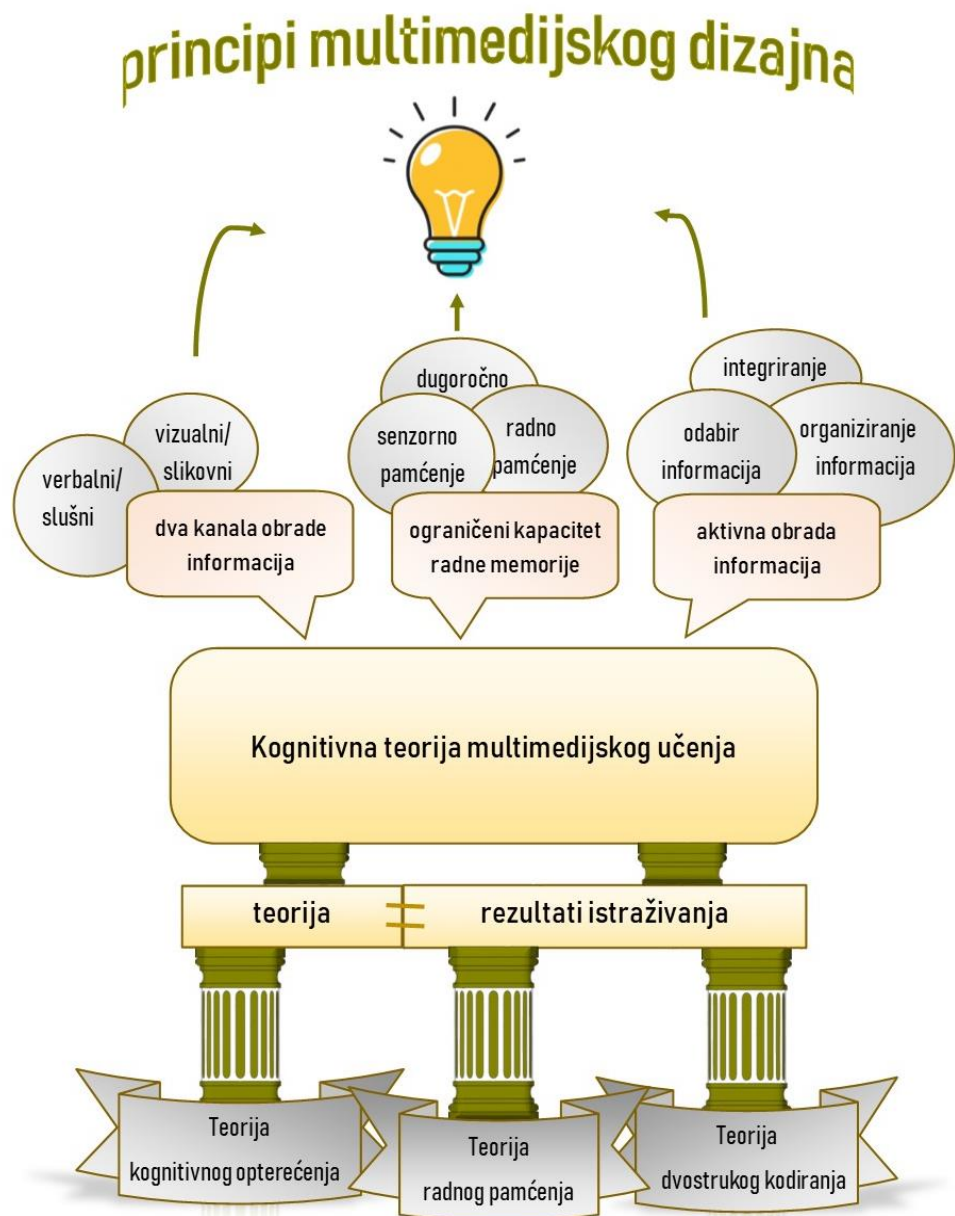
- **Dva kanala obrade informacija** – ljudi imaju odvojene kanale za obradu vizualnih, odnosno slikovnih i neverbalnih te čujnih, odnosno verbalnih materijala
- **Ograničeni kapacitet radne memorije** – ljudi istovremeno mogu aktivno obrađivati samo nekoliko informacija u svakom od kanala
- **Aktivna obrada informacija** – ljudi uče ukoliko se dovoljno kognitivno angažiraju; ukoliko obraćaju pažnju na relevantne dolazne informacije, organiziraju odabrane informacije u smislene mentalne strukture te inkorporiraju s onime što već znaju

Svaka od navedenih pretpostavki temelji se na raznim teorijama. Tako se pretpostavka o dva kanala obrade informacija temelji na teoriji radnog pamćenja Alana Baddeleyja (Baddeley, 1992)³ te teoriji dvostrukog kodiranja Allana Paivia (Paivio, 1971). Pretpostavka o ograničenom kapacitetu radnog pamćenja bazira se također na Baddeleyjevoj i Hitchovoj teoriji radnog pamćenja, ali i na teoriji kognitivnog opterećenja Johna Swellera (Sweller, 2005). Pretpostavka aktivne obrade informacija temelji se na Mayerovim istraživanjima.

Na slici 1 dan je prikaz ove teorije temeljen na stavkama navedenima u nastavku rada. Kognitivna teorija multimedijskog učenja prema viđenju autorice ovog rada mogla bi se sažeti na nekoliko bitnih točaka: struktura se sastoji od dva kanala, vizualnog i

³ Prvu verziju teorije radnog pamćenja razvili su Alan Baddeley i Graham Hitch 1974. godine. Baddeley je tu istu teoriju proširio 2000. godine.

auditivnog; ima ograničeni kapacitet memorije te tri vrste pamćenja (senzorno, radno te dugoročno); pet kognitivnih procesa odabira, organiziranja i integriranja informacija; temelji se na nekoliko teorija učenja te na rezultatima empirijskih istraživanja (Sorden, 2012).



Slika 1 – prikaz kognitivne teorije multimedijanskog učenja

Iz opisane kognitivne teorije multimedijskog učenja izvedeni su principi dizajna multimedijske instruktivne poruke koja je oblikovana u skladu s načinom na koji ljudi uče. O ovim principima moći će se više pročitati na kraju rada, a kako bismo dobili što bolji uvid u kognitivnu teoriju multimedijskog učenja, na sljedećih nekoliko stranica dan je detaljniji opis teorija na kojima se ona temelji.

Teorija kognitivnog opterećenja

Teorija kognitivnog opterećenja jedna je od teorija putem kojih se ujedinjuje ono što znamo o čovjekovoj kogniciji te principi multimedijskog dizajna. Ona govori o ovisnosti kognitivnog opterećenja o razini učenikova predznanja, složenosti sadržaja i građe koju učenik treba usvojiti te o vrsti obrazovnog materijala (Širanović, Rajković & Širanović, 2014).

Općenito, pamćenje se sastoji od tri, kako ih Sweller naziva, kognitivne strukture (Sweller, 2005). Prva je senzorno pamćenje koje se koristi kad neki vanjski podražaj aktivira pojedino osjetilo. Kroz senzorno pamćenje percipiramo nove informacije. Ehoičko (slušno) senzorno pamćenje traje do dvije sekunde, a ikoničko (vidno) pola sekunde nakon kojih se informacija gubi. „Senzorno pamćenje predstavlja svojevrsno zadržavanje uzbuđenosti osjetilnog organa (receptora) koje omogućuje identifikaciju oblika, predmeta i pojava“ (Mateljan, Širanović & Šimović, 2009., str. 40).

Sljedeća kognitivna struktura je radno pamćenje u kojem se informacije svjesno obrađuju, kodiraju i organiziraju, no ukoliko na ulazne informacije ne obratimo pažnju, nakon 20-ak sekundi ćemo ih izgubiti. Radno pamćenje informacije prima iz senzornog (ako na podražaje obrati pažnju) te iz dugoročnog pamćenja, prizivanjem.

Dugoročno pamćenje je kognitivna struktura koja predstavlja trajnu bazu znanja i iskustva. Kako bismo koristili znanje iz dugoročnog pamćenja, moramo ga prizvati u radno. Kako bismo mogli pretraživati vlastito dugoročno pamćenje, važno je da ono bude smisleno organizirano jer u suprotnome može postati nedostupno.

Kao bazu svoje teorije Sweller uspoređuje čovjekove kognitivne strukture s teorijom evolucije koja je mnogo starija i razvijenija od kognitivne teorije pa ju samim time smatra i jednom vrstom vodiča prilikom razmatranja kognitivnog opterećenja. „Dugoročno pamćenje ima jednaku centralnu ulogu u ljudskoj kogniciji kao što to genetski kod ima u biologiji. Baš kao što genetski kod u značajnom mjeri određuje biološki život, tako i dugoročno pamćenje u značajnoj mjeri određuje naše kognitivne živote“ (Sweller, 2005, str. 20). Što to zapravo znači? Sve informacije u genetskom kodu su usvojene kao reakcija na prilagodbu okolini. Isto tako, svo znanje u dugoročnom pamćenju je usvojeno zbog prilagodbe kognitivnoj okolini. Gotovo sva čovjekova kognitivna aktivnost je temeljena na informacijama koje su pohranjene u dugoročnom pamćenju. U ovoj teoriji na znanje se gleda kao na promjene u dugoročnom pamćenju, tj. ukoliko se u njemu ništa nije promijenilo, ništa zapravo nije ni naučeno. Samim time, primarni cilj obrazovanja bi trebao biti konstruktivna promjena dugoročnog pamćenja. Na temelju svega navedenog, možemo zaključiti kako je pohrana u dugoročnom pamćenju neograničena, kako vremenski, tako i količinski.

Promjene u dugoročnom pamćenju su strukturirane u obliku shema. „Sheme su kognitivni konstrukti koji omogućavaju kategorizaciju više elemenata informacije u jedinstveni skup“ (Sweller, 2005, str. 21). Možemo to dobro vidjeti na primjeru sposobnosti pisanja i čitanja ovog rada, posebice ako zamislimo da je rad napisan rukom. Nepobitno, čitanje i pisanje su dva vrlo kompleksna procesa s kojima smo se u prvom razredu osnovne škole svi mučili, ali koje sada radimo gotovo nesvjesno. Kako je do toga došlo? Čovjek može čitati jer je obradom sadržaja i informacija kojima je prilikom učenja bio izložen usvojio sheme za individualna slova pomoću kojih može prepoznati neograničen broj oblika jednog znaka, npr. različite fontove i rukopise. Na temelju tih shema, usvojio je sheme kombinacija slova u riječi te sheme riječi u fraze. Posljedično, sada može prepoznati i najkompliciranije kombinacije riječi i slova (na primjer, kod učenja novih riječi nekog stranog jezika). Nadalje, dodatne sheme povezuju pročitane ili napisane riječi i fraze sa stvarnim objektima, idejama, događajima i slično. Materijal u dugoročnom pamćenju se obrađuje svjesno, ulažući određeni umni napor, ili, pak, automatizirano. Automatizacija se postiže nakon usvajanja određene sheme te njenog daljnjeg vježbanja tijekom dužeg vremena. Kod čitanja i pisanja automatizacija

se događa nakon što usvojimo slova i kombinacije slova u riječi. Daljnjim vježbanjem, odnosno čitanjem dolazimo do točke u kojoj možemo uočiti značenje bez osvježavanja svake riječi i slova pojedinačno. Na taj način dolazimo do mogućnosti da naš mozak može obraditi kompleksne informacije poput, na primjer, ovog teksta vrlo popularnog na društvenim mrežama:

Nsiam vrevjoao da zpavrao mgou rzmjaueti ono što čtaim. Zaavljhuujči nobniečoj mćoi ljdksuog mgzoa, pemra irtažsiavnjima zansntevknia, njie vžano kjoim su roedsljdoem npiasnaa slvoa u rčijej, jdieno je btino da se pvro i zdanje sovlo nlaaze na sovm msjteu. Otasla solva mgou btii u ptponuom nerdeu i bez ozibra na ovu oloknost, tkest mžeote čtiati bez pobrelma.

Također, ukoliko želimo biti vješti u nekom kompleksnom području, trebamo usvojiti brojne sheme u dugoročno pamćenje. Na primjer, šahovski velemajestori usvoje i do 100 000 postava figura u šahu što im omogućava stručnost u njihovom području jer ukoliko se prilikom novih mečeva sretnu s postavom s kojom su se ranije već sreli, na temelju znanja u dugoročnom pamćenju mogu odmah prepoznati koje poteze moraju odigrati kako bi pobijedili (Simon&Gilmartin, 1973). Rezultatima ovog istraživanja možemo dodatno potvrditi neograničen kapacitet dugoročnog pamćenja.

Čovjek, dakle, u dugoročno pamćenje pohranjuje usvojene sadržaje, odnosno znanje. Kako bi to mogao učiniti, informacije prvo mora obraditi u radnom pamćenju. Pri radu s novim informacijama koje se primaju iz senzornog registra, radna memorija ima dva velika ograničenja. Istovremeno može zadržati samo sedam informacija (+/- dvije). Povrh toga, bez vježbanja, gotovo sve informacije u radnom pamćenju izgubit će se nakon 20-ak sekundi. Ipak, ova se ograničenja ne odnose na već organizirane informacije koje se primaju iz dugoročnog pamćenja. Takve informacije nemaju ograničenja u trajanju ili količini, štoviše, one dodatno proširuju radno pamćenje. Način na koji će radno pamćenje funkcionirati uvelike ovisi o onome što je pohranjeno u dugoročnom pamćenju: „U jednoj krajnosti kontinuuma, kada se obrađuju nepoznate informacije, ograničenja radne memorije su kritične. One postaju sukcesivno manje kritične kada se upoznatost [s novim informacijama] povećava, drugim riječima, kada se koristi sve više i više informacija pohranjenih u dugoročnom pamćenju“ (Sweller, 2005,

str. 24). Sweller sheme u dugoročnom pamćenju naziva središnjim izvršiteljima kratkoročnog pamćenja (2005). Oni određuju što će se učiniti s ulaznim informacijama u radnom pamćenju, kad će se učiniti te na kakav način. Drugim riječima, organizirane informacije u dugoročnom pamćenju diktiraju način obrade informacija u radnom pamćenju. U slučaju da odgovarajuće sheme još ne postoje u dugoročnom pamćenju ili ne postoji nitko to bi na odgovarajući način učenika usmjerio ka rješavanju problema te tako nadomjestio shemu koja nedostaje, jedina moguća alternativa je poduzimanje neke nasumične mjere čiji će se rezultat popratiti testiranjem učinkovitosti. Takva aktivnost će zauzimati dodatne kapacitete učenikovog radnog pamćenja.

Jedan važan pojam i, zapravo, cilj multimedijske instrukcije, a to je razumijevanje, može se objasniti na međuodnosu između dugoročnog i radnog pamćenja. Sweller (2005) tvrdi da razumijevanje nastupa kada se sve relevantne informacije mogu obraditi u radnoj memoriji istovremeno. Radno pamćenje je uvelike ograničeno te se prilikom rada s nepoznatim informacijama lako može dostići količinska kvota. Tijekom učenja, mozak u radnom pamćenju organizira pojedinačne elemente informacija te stvara nove ili ih inkorporira u već postojeće sheme u dugoročnom pamćenju. Kada su izgradnja shema te automatizacija dosegnule točku u kojoj svi relevantni elementi neke informacije mogu istovremeno biti obrađivani u radnoj memoriji, govorimo o razumijevanju.

Teorija nudi tri kategorije kognitivnog opterećenja: intrinzično, sadržajno irelevantno te sadržajno relevantno (Sweller, 2005).

Kod sadržajno irelevantnog opterećenja (engl. *extraneous* ili *ineffective*) radi se o neprikladnom dizajnu instruktivne poruke koji ignorira ograničenja radnog pamćenja te otežava i ne usmjerava učenje ka gradnji shema te automatizaciji. Primjerice, multimedijska instruktivna poruka koja je učeniku potpuno strana (u njegovom dugoročnom pamćenju još ne postoje sheme niti mu nije dostupan nikakav vanjski izvor usmjerenja) te od njega zahtijeva da nađe način na koji će izgraditi shemu u dugoročnom pamćenju. U ovu kategoriju spadaju i dizajnerski promašaji poput gomilanja bespotrebnih medija, korištenja previše boja ili neprikladnog fonta i sl.

Intrinzično ili esencijalno kognitivno opterećenje (engl. *intrinsic* ili *essential*) je ono koje se odnosi na složenost i problematičnost sadržaja koji se mora obraditi te obično ovisi o razini interaktivnosti između elemenata tog sadržaja. Na primjer, tijekom učenja nepoznatih riječi nekog stranog jezika, one se mogu naučiti postepeno i pojedinačno. Prijevod riječi *muškarac* može se naučiti bez prijevoda riječi *žena*. Interaktivnost je ovdje niska, a samim time je nisko i opterećenje radnog pamćenja. No, ukoliko se odjednom uče riječi u rečenici *Žene su s Venere, muškarci su s Marsa*, ne uče se samo prijevodi, nego i međuosobni između osam riječi. Učenje novih informacija je tada simultano te su time interaktivnost i opterećenje radne memorije veliki.

Zadnje, relevantno (eng. *germane*) opterećenje odnosi se na kognitivno opterećenje prouzročeno korisnim aktivnostima i angažiranim učenjem koje rezultira konstruiranjem shema te dostizanjem automatizma. Recimo, ukoliko je prilikom učenja učeniku dano mnogo primjera, opterećenje radne memorije će biti veliko, ali će i poticati izgradnju shema.

Cilj efektivne instrukcije, tvrdi Sweller (2005), bi trebao biti smanjivanje irelevantnog te intrinzičnog opterećenja kako bi se dalo mjesta relevantnom opterećenju. Međutim, ukoliko je intrinzično opterećenje nisko, povećanja u relevantnom opterećenju bit će moguća čak i s visokim ekstrinzičnim. Dakle, ukoliko se učenik susretne s jednostavnim materijalom, nije posebno važno koliko će ekstrinzično opterećenje biti jer će ga učenik biti sposoban lako razumjeti te ukupno opterećenje neće biti visoko. Nisko intrinzično opterećenje rezultira u niskom sveukupnom opterećenju, dok visoko intrinzično popraćeno visokim ekstrinzičnim opterećenjem rezultira preopterećenjem. „Ako je interaktivnost među elementima niska, materijal se obično može razumjeti i naučiti čak i ako je ekstrinzično opterećenje visoko“ (Sweller, 2005, str. 28).

Prilikom izlaganja učeniku putem multimedijske instruktivne poruke, sve nove i nepoznate informacije trebale bi biti prezentirane u maloj količini i to tako da ne zahtijevaju dulje od nekoliko sekundi. Složenije sadržaje trebalo bi razdvojiti na manje sekvence, bespotrebni materijal trebalo bi svesti na minimum jer zahtijeva dodatni, nepotrebn mentalni napor, a ne pridonosi učenju te treba nastojati maksimalno istaknuti

važne sadržaje. „Učinkovitost instrukcijskog oblikovanja koje ignorira ograničenja radnog pamćenja vjerojatno će biti slučajna“ (Sweller, 2005, str. 22).

Osim fizički dostupnih kognitivnih resursa radne memorije koje čovjek koristi pri obradi novih informacija, postoje i kapaciteti koje je čovjek voljan iskoristiti. Swellerova teorija u podlozi je i teorije ograničenog kapaciteta motivirane obrade posredovanih poruka (eng. Limited Capacity Model of Motivated Mediated Message Processing) ili LC4MP⁴. Prema ovoj teoriji, postoji pet vrsta resursa koje nalazimo kod obrade novih ulaznih informacija (Wikipedia d): ukupni, dodijeljeni, potrebni, preostali te raspoloživi resursi. Tako se ukupni resursi odnose na sveukupni broj resursa. Dodijeljeni resursi su oni koji su dostupni za obavljanje zadatka. Potrebni resursi su ona količina resursa koja je nužna za obavljanje zadatka. Preostali resursi se odnose na one resurse koji su razlika između ukupnih te potrebnih resursa. Raspoloživi resursi su, pak, oni koji se odnose na razliku između dodijeljenih te potrebnih resursa. Broj preostalih i dostupnih resursa može biti jednak, ali to se vrlo vjerojatno neće dogoditi.

Ova detaljna podjela napravljena je iz nekoliko razloga (Wikipedia d). Prvi od njih je to što čovjek ima tendenciju biti, tzv. kognitivni škrtac⁵. U tom slučaju, čovjek neće sve svoje resurse dodijeliti zadatku, osim ukoliko je vrlo motiviran. Zbog toga se diferenciraju ukupni i dodijeljeni resursi. U drugom slučaju, čovjek će zadatku dodijeliti samo potreban broj resursa. Na primjer, ukoliko učenik gleda edukativni video kojeg je već ranije pogledao, koristit će manje resursa no što je koristio prvi prvom gledanju zbog toga što mu je sadržaj već poznat. Količina resursa koje je učenik dodijelio može biti različita od količine koja je zapravo bila korištena i potrebna. U ovom slučaju tako možemo vidjeti dodijeljene, potrebne i raspoložive resurse. Zadrje, neki dijelovi multimedijске poruke sami po sebi više privlače pažnju od ostalih. To, na primjer, mogu biti iznenadna promjena u naraciji, neočekivana slika ili slično. One će zahtijevati resurse koji nisu bili dodijeljeni obavljanju zadatka, odnosno preostale resurse.

⁴ Eng. Limited capacity model of motivated mediated message processing

⁵ „Ljudski um smatra se kognitivnim škrtcem zbog tendencije ljudi da razmišljaju i rješavaju probleme na jednostavniji način s manje truda, nego na sofisticiraniji s dodatnim naporom“ (Wikipedia a). Ovo se ne događa zbog lijenosti, nego jednostavno zbog ekonomičnog funkcioniranja ljudskog mozga.

Dok kognitivna teorija multimedijuskog usvajanja znanja i teorija kognitivnog opterećenja uglavnom govore o smanjenju sadržajno irelevantnog opterećenja te o tome što činiti, a što ne, pri oblikovanju multimedijske instruktivne poruke, kognitivna afektivna teorija multimedijuskog učenja ili KATMU⁶ Roxane Moreno ih nadopunjuje tako što u njih inkorporira motivaciju koja se postiže dodavanjem emocionalno uzbudljivih elemenata. „Motivacijski faktori posreduju učenje tako što povećavaju ili smanjuju kognitivnu angažiranost“ (Mayer, 2014, str. 172).

Prema KATMU-u postoje tri ideje o emocionalno uzbudljivim elementima koji djeluju motivirajuće (Mayer, 2014): *manje je više*, *više je više* te *fokusirano više je više*. *Manje je više* je zapravo ideja kojom se vodi teorija kognitivnog opterećenja; promovira smanjivanje ekstrinzičnih te intrinzičnih opterećenja, na primjer, poželjno je izbrisati bespotrebne slike te podebljati ključne riječi. Eventualni motivacijski elementi bi mogli stvoriti sadržajno irelevantno opterećenje te odvratiti učenika od bitnih dijelova poruke. *Više je više* je ideja koja promovira ekstrinzično opterećenje te podržava, na primjer, dodavanje privlačne grafike unatoč mogućnosti da se time preopteretiti učenike te odvrti pažnja od relevantnog sadržaja. Posljednja, *fokusirano više je više* ideja ujedno promovira sadržajno relevantno opterećenje, ali i korištenje motivirajućih, emocionalno privlačnih elemenata poput slika, video klipova ili, pak, izazovnih zadataka. Prilikom dodavanja takvih elemenata, bitno je osigurati da su oni sadržajno relevantni te pružiti dovoljno vremena i smjernica kojima bi se izbjegla eventualna sadržajno irelevantna obrada informacija.

Ukoliko poboljšamo grafički dizajn koji je ključan za učenje, imat će to pozitivan učinak na učenje (Mayer, 2014). Rezultati istraživanja o tome potiču li emocionalno privlačni elementi u multimedijskoj poruci učenje, potvrđuju tu tvrdnju. Godine 2013. provedeno je istraživanje u kojem su ispitanici proučavali sedmominutnu multimedijску lekciju o imunološkom sustavu koja je sadržavala pozitivan emocionalni dizajn (Plass, Heidig, Hayward, Homer & Um, 2014). Tako su, recimo, bijela krvna zrnca bila predstavljena likovima u obliku ljudskog lica u ugodnim bojama, odnosno na neki način su bila personificirana. Rezultati istraživanja pokazali su da pozitivan emocionalni dizajn

⁶ Pokrata.

instruktivne poruke poboljšava angažiranost i motivaciju. S druge strane, u drugom istraživanju iste te godine ispitani su efekti učenja iz multimedijske lekcije o geometriji koja je sadržavala oku privlačne, ali irelevantne ilustracije (Magner, Schwonke, Aleven, Popescu & Renkl, 2014). Rezultati su pokazali da bespotrebne dekorativne ilustracije uistinu potiču interes, ali ne pomažu u boljem rješavanju problemskih zadataka.

U nekim slučajevima rezultat dodavanja motivacijskih, emocionalno privlačnih elemenata u multimedijску instrukciju može biti kontraproduktivan (Mayer, 2014). Sadržajno irelevantno opterećenje u tim slučajevima ne potiče relevantno opterećenje, a dekorativni dodaci u instruktivnoj poruci posebice imaju loš utjecaj za učenike koji imaju malo prethodnog znanja. Učinkovitije je, dakle, koristiti emocionalno privlačne dodatke koji su relevantni, nego koristiti one koji služe kao ukras, bez neke dublje svrhe.

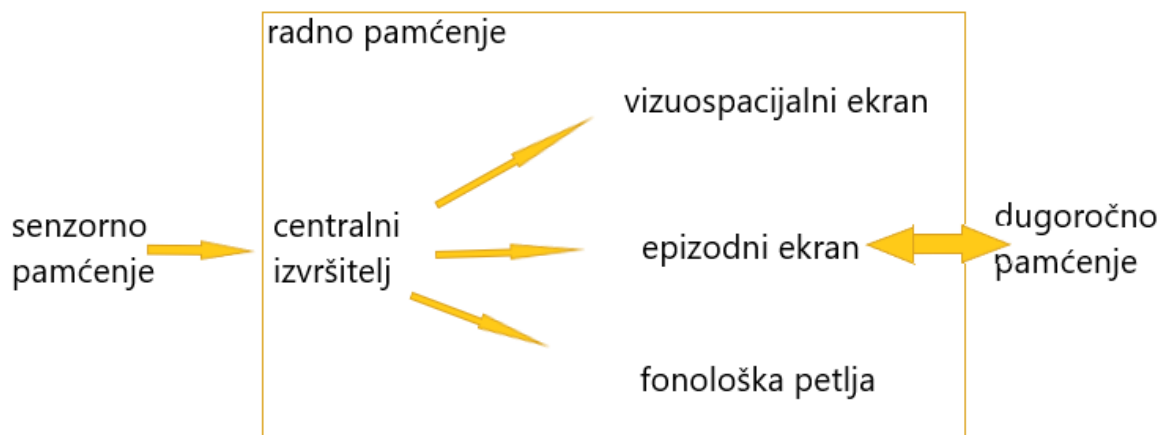
Teorija radnog pamćenja

Baddeleyjev model radnog pamćenja ispitan je u više navrata te razvijan tijekom nekoliko zadnjih desetljeća, ali i dalje je vodeći model u teoriji pamćenja. Razvijen je iz nekoliko godina starijeg modela primarnog (kratkoročnog) pamćenja u kojem se smatralo da je pamćenje jedan opći konstrukt.

Originalni Baddeleyjev model radnog pamćenja iz 1974. godine obuhvaćao je tri glavne sastavnice: središnji izvršitelj (eng. *central executive*) koji kontrolira dva pomoćna sustava; fonološku petlju (eng. *phonological loop*) te vizuospatialni ekran (eng. *visuo-spatial sketchpad*). U novijoj verziji ovog modela iz 2000-e godine, Baddeley je modelu dodao još jednu sastavnicu, epizodni ekran (eng. *episodic buffer*). Sve sastavnice možemo vidjeti na Slici 2, a za što je koji dio kratkoročnog pamćenja zaslužan vidjet ćemo u sljedećim odlomcima.

Središnjeg izvršitelja, podsjetimo se, smo već spominjali u Swellerovoj teoriji kognitivnog opterećenja (vidi str. 21). Skup je to shema koje se nalaze u dugoročnom pamćenju koje prizivamo u kratkoročno pamćenje prilikom obrade ulaznih informacija.

On kontrolira i regulira sve kognitivne procese. Točnije, funkcije središnjeg izvršitelja su: usmjeravanje, dijeljenje te prebacivanje pažnje između različitih zadataka, operacija ili mentalnih sklopova (na primjer, zadatak s više računskih operacija u kojem učenik mora naizmjenično zbrajati, oduzimati, množiti ili pak rješavati zagrade); ažuriranje, kodiranje ulaznih podataka te zamjena starih informacija novijima i važnijima, povezivanje podataka iz više izvora informacija u skladne sheme; inhibicija nevažnih informacija, suzbijanje dominantnih ili automatskih odgovora (Rončević Zubković, 2010). Prema najnovijoj reviziji modela kratkoročnog pamćenja, središnji izvršitelj odnosni se najviše na sustav pažnje.



Slika 2 - Baddeleyjev model radnog pamćenja (prilagođeno s: <http://www.psychologyunlocked.com/working-memory/>)

Da bi središnji izvršitelj mogao dobro obavljati svoje zadatke, trebaju mu njegovi pomoćni sustavi. Fonološka petlja služi kao skladište za auditivne informacije. Sastoji se od dva dijela. Prvi dio je kratkoročno *fonološkog skladište*, popularno prozvano *unutarnjim uhom*, koje pohranjuje ono što čujemo, ali čiji su zapisi podložni brzom propadanju. Drugi dio naziva se *artikulacijska petlja*, koju još nazivaju i *unutarnjim glasom* te koja konstantno ponavlja zvukove kako bi bili dostupni u radnom pamćenju sve dok su potrebni (Psychology Unlocked).

Na primjer, čitajući ovaj rad koristimo fonološko radno pamćenje. Pretpostavimo da ga svatko od nas čita u sebi. Na taj način aktivira se naš *unutarnji glas*, naša

artikulacijska petlja. Ovom se aktivnošću informacije prenose u slušni sustav u kojem ih naše *unutarnje uho* čuje. Informacije se tada opet vraćaju u *artikulacijsku petlju* koja ih „potiho“ ponavlja sve dok ih ne zamijenimo nekom novom informacijom ili nam nešto drugo ne omete pažnju (YouTube).

Mnoštvo informacija koje obrađujemo su neverbalne, a svrsi obrađivanja takvih informacija služi upravo drugi pomoćni sustav, vizuospacijalni ekran. Ovaj sustav se, kao i njegov fonološki kolega, dijeli na dva dijela, na *vizualnu pohranu* te na *unutarnji zapis*. *Vizualna pohrana* skladišti vizualne informacije poput boje i oblika, a *unutarnji zapis* bilježi raspored objekata u prostoru. Primjerice, vizuospacijalni ekran nam omogućava da vizualiziramo put do trgovine ili autobusne stanice kojim se krećemo svaki dan jer, iako se ovdje radi o radnom pamćenju, *unutarnji zapis* kontinuirano ponavlja informacije primljene kroz *vizualnu pohranu* te ih šalje centralnom izvršitelju u dugoročno pamćenje.

Naposljetku, o najrecentnijoj sastavnici ovog modela, epizodnom ekranu, ne zna se tako puno kao o ostalim pomoćnim sustavima. Smatra se sustavom ograničenog kapaciteta čiji je zadatak komunikacija s dugoročnim pamćenjem, te integracija i kratkotrajna pohrana informacija iz pomoćnih sustava, ali i dugoročnog pamćenja (Rončević Zubković, 2010).

Sljedeći citat sažima najvažnije karakteristike radnog i dugoročnog pamćenja: "...kratkoročno skladište ima vrlo ograničen kapacitet, ali ga obilježavaju brz ulaz i doziv informacija, dok dugoročno skladište ima ogroman kapacitet, ali velika ograničenja koja se tiču brzine unošenja informacija i njihova doziva. Nadalje, kratkoročno se skladište više oslanja na akustično i fonološko kodiranje, dok dugoročno više ovisi o semantičkom kodiranju" (Rončević Zubković, 2010, str. 3).

Pri tome je važno uočiti da se „razlikuju termini koji se odnose na teoretske sustave, kao što su primarno pamćenje ili kratkoročno skladište, za razliku od termina kratkoročno pamćenje, koji označava eksperimentalnu paradigmu, odnosno postignuće na određenom zadatku.“ (Rončević Zubković, 2010, str. 2)

Kako i mi sami možemo provjeriti postojanje više podsustava u radnom pamćenju? Kognitivni se zadaci međusobno natječu za pažnju i resurse radne memorije. Uzmimo za primjer vrlo čestu situaciju u kojoj dva prijatelja odmjeravaju tko od njih može bolje izvršiti neki zadatak. Dva prijatelja u ovom primjeru će se natjecati tko može pisati popis gradova koje su posjetili te pjevati hrvatsku himnu istovremeno. Vrlo vjerojatno ni jedan od njih neće postići željeni rezultat jer oba zadatka upotrebljavaju sustav fonološke petlje. No, ukoliko je zadatak da istovremeno pjevaju himnu te igraju rukomet, oba će prijatelja vrlo vjerojatno zadatak izvršiti uspješno jer ove dvije radnje upotrebljavaju različite pomoćne sustave radnog pamćenja. Simultano izvršavanje dvaju zadataka koji koriste isti sustav radne memorije rezultirat će smanjenjem uspješnosti obaju zadataka jer pažnja neće moći biti u potpunosti usmjerena ni na jedan od njih. Međutim, izvršavanje jednog verbalnog i jednog vizualnog zadatka koji koriste različite resurse u radom pamćenju neće negativno utjecati na čovjekovu sposobnost učinkovitog i točnog rješavanja oba zadataka (Psychology Unlocked).

Teorija dvostrukog kodiranja

Definicija dvostrukog kodiranja koju, prema Paiviovoj teoriji, prema Reedu, neodoljivo podsjeća na Mayerovo multimedijско načelo (vidi str. 9); „Teorija da je pamćenje poboljšano kada sadržaj može biti predstavljen i verbalnim i vizualnim memorijskim kodom“ (Reed, 2013, str. 156).

U Wikipediji nalazimo sljedeće objašnjenje riječi kodiranje: „Način na koji si čovjek unosi informacije u svoju glavu“ (Wikipedia d).

Ljudi dobro pamte slike. Standing (1973) tvrdi da pamćenje slika i riječi ima mnogo kvalitativnih sličnosti, no kad se radi o kvantiteti, pamćenje slika je superiorno, dok je prizivanje riječi iz dugoročnog pamćenja brže. Na primjer, u jednom njegovom istraživanju grupa ljudi proučavala je 10 000 slika u periodu od 5 dana. Nakon petog dana proveden je test u kojem su ispitanici između serija po dvije slike (jedne nepoznate i druge koja je bila jedna od promatranih 10 000 slika) morali prepoznati slike koje su

vidjeli tijekom prijašnjih pet dana. Na temelju rezultata, Standing je procijenio da su ispitanici zapamtili 6600 od 10 000 slika (Standing, 1973).

Ovo saznanje upućuje na to da se pamćenje poboljšava ukoliko čovjek formira mentalne vizualne predodžbe, a na temelju te pretpostavke Allan Paivio je razvio model dvostrukog kodiranja (Reed, 2013). Prema teoriji dvostrukog kodiranja, dva su načina na koji čovjek razrađuje materijal koji uči: verbalne asocijacije te mentalne vizualne predodžbe. Kod verbalnog kodiranja, kako bi čovjek zapamtio, na primjer, riječ *haker*, prilikom kognitivne obrade te riječi koristit će se mnogim asocijacijama na nju pomoću kojih će ju razlikovati od ostalih riječi. Asocijacije bi u ovom primjeru mogle biti *računalo*, *software*, *znatiželja*, *znanje*.

Drugi način razrađivanja materijala prema Paiviu je stvaranje vizualne mentalne predodžbe koja predstavlja riječ koju učimo. Ukoliko netko želi, na primjer, zapamtiti riječ *zebra*, može formirati sliku životinje nalik na konja ili magarca s crno-bijelim prugama. Ukoliko netko, pak, želi zapamtiti riječ *strah*, mogao bi se sresti s teškoćama u formiranju mentalne slike. Prva riječ se odnosi na jedan konkretni objekt, na životinju koja uistinu hoda afričkim savanama. Druga riječ je negativni osjećaj koji intenzivno osjećamo u neugodnim situacijama, nešto potpuno apstraktno.

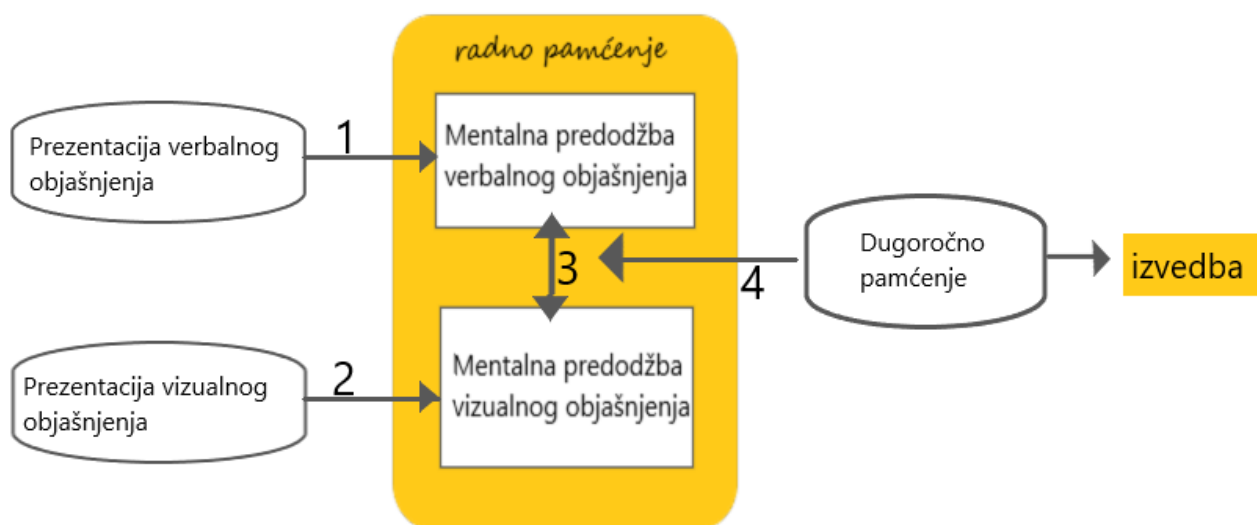
„Lako je formirati mentalnu sliku koja predstavlja konkretan objekt, a komplicirano formirati sliku za neki apstraktni koncept. [...] dimenzija konkretno-apstraktno je najvažnija olakšavajuća okolnost pri zamišljanju mentalnih vizualnih predodžbi. Na konkretnom kraju kontinuuma su slike jer one same po sebi mogu biti zapamćene kakve jesu pa čovjek ne mora sam kreirati vizualnu predodžbu. Slike obično pamtimo bolje nego konkretne riječi, a konkretne riječi pak možemo bolje zapamtiti nego apstraktne riječi“ (Reed, 2013, str. 155).

Reed (2013) također navodi da je Paivio u svojim istraživanjima ispitao je li je jedan od ova dva načina razrađivanja materijala učinkovitiji od drugoga. Pretpostavka u istraživanju je bila da lakoća stvaranja mentalne vizualne reprezentacije ili verbalne asocijacije predstavlja učinkovitost. Drugim riječima, materijal kojeg je lakše razraditi je učinkovitiji. Lakoća stvaranja vizualne mentalne predodžbe mjerena je tako da su ispitanici na ljestvici morali ocijeniti koliko je lako predočiti sliku dane riječi. Konkretne

riječi su, kao što bismo mogli i pretpostaviti, bile visoko na ljestvici, dok su one apstraktne bile nisko. Lakoća stvaranja verbalnih asocijacija mjerena je provjeravanjem koliko asocijacija na neku riječ ispitanici mogu dati unutar jedne minute. Rezultat istraživanja je bio da je stvaranje vizualne mentalne predodžbe pouzdaniji dokaz učenja, no što bi to bile verbalne asocijacije.

Prema teoriji dvostrukog kodiranja slijedi: „...vizualne i verbalne informacije se obrađuju drugačije u različitim kanalima ljudskog pamćenja, kreirajući odvojene predodžbe informacija obrađenih u svakom kanalu“ (Wikipedia b). Tako, na primjer, čovjek koji je zapamtio koncept *zebra* može ga se sjetiti ukoliko iz dugoročnog pamćenja prizove samo mentalnu sliku zebre ili samo riječ ili oboje istovremeno. Čak i ako zaboravi jedan od ta dva koda, on neće nužno zaboraviti i onaj drugi jer se ipak radi o odvojenim kanalima. „Imati dva memorijska koda koji predstavljaju jedan objekt znači imati bolje šanse za prisjećanje nego imati jedan kod“ (Reed, 2013).

Mayer je Paivioov model dvostrukog kodiranja prilagodio svojoj teoriji multimedijiskog učenja. Kod dvostrukog kodiranja, Mayer (Mayer&Sims, 1994) termin *multimedijisko učenje*, mijenja u *multimodalno učenje* jer prvi termin ne bi u ovom kontekstu bio ispravan. Multimodalno se odnosi na korištenje više od jednog osjeta tijekom učenja, a multimedijisko se ipak odnosi na više medija kojima je instruktivni materijal prezentiran.

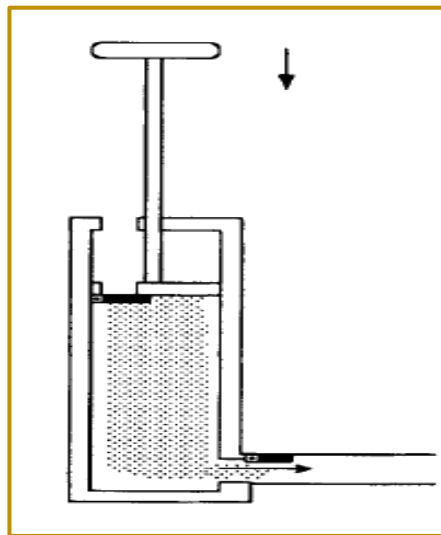


Slika 3 - Model dvostrukog kodiranja u multimedijiskom učenju (prilagođeno prema Mayer&Sims, 2010, str. 390)

Slika 3 sažima Mayerovu verziju modela dvostrukog kodiranja koja ima tri (a ne originalna dva Paiviova) načina obrade vizualno i verbalno prezentiranih materijala u radnom pamćenju. U gornjem lijevom kutu slike možemo vidjeti verbalno objašnjenje s kojim se učenik susreće. Unutar radnog pamćenja, on stvara mentalnu predodžbu ulaznog verbalnog objašnjenja, proces koji se naziva verbalno kodiranje, a na slici je označen brojem jedan. U donjem lijevom kutu slike tako vidimo vizualno objašnjenje koje je predstavljeno učeniku. Učenik u svom radnom pamćenju stvara mentalnu predodžbu vizualnog objašnjenja, kognitivni proces koji se naziva vizualno kodiranje, a na slici je prikazan strelicom pod brojem dva.

Treća strelica označava izgradnju referencijalnih veza između dvije stvorene mentalne predodžbe. Na primjer, ako učenik radi na usvajanju materijala o funkcioniranju pumpe za bicikl⁷, on mora stvoriti mentalne referencijalne veze između vizualnih i verbalnih ključnih dijelova objašnjenja. Vizualno objašnjenje kod ovog primjera bi, tako, bila slika (vidi sliku 4) koja prikazuje spuštanje ručke te, posljedično, zatvaranja ulaznog ventila te istiskivanja zraka kroz izlazni ventil s odgovarajućim verbalnim objašnjenjem, tekstom *Pri spuštanju ručke, ulazni ventil će se zatvoriti, a padajući cilindar će zbog pritiska istisnuti zrak kroz izlazni ventil*. Strelica četiri na Slici 3 pokazuje prizivanje znanja iz dugoročnog pamćenja koje se nikako ne može izostaviti ni iz jednog modela učenja.

Na desnoj strani Slike 3 istaknuta je učenikova izvedba koja je rezultat svih navedenih radnji koje joj prethode, a koja je Mayerov dodatak Paiovom modelu u kojem izvedba nije istaknuta kao važan dio. Ona uključuje učenikove odgovore na testove zapamćivanja i transfera. Kada učenik rješava problemske zadatke, njegova će izvedba ovisiti o sva



Slika 4 - Funkcioniranje pumpe za bicikl. preuzeto iz Mayer&Sims, 1994, str. 395

⁷ Jedna od tri najčešće korištenih multimedijских instrukcija koje Mayer koristi u svojim istraživanjima. Sastoji se od slike animacija unutrašnjosti pumpe za bicikl koje pokazuju što se događa prilikom pumpanja te od tiskanog teksta ili naracije kojima se objašnjava postupak koji je prikazan na slikama ili animacijama.

tri načina stvaranja veza; o vizualnom kodiranju, o verbalnom kodiranju te o referencijalnim vezama (Mayer&Sims, 1994). Ukoliko multimedijaska instrukcija slijedi ovu verziju modela dvostrukog kodiranja, vjerojatnije je da će potpomagati uspješno rješavanje problemskih zadataka.

6. Kognitivna teorija multimedijeskog učenja

Prisjetimo se primjera sa stranice 14 u kojem se instruktivna poruka u PowerPoint-u sastoji od 20 slajdova ispisanih činjenicama o Drugom svjetskom ratu, nepregledna je i sadrži mnogo informacija koje su nepovezane i nisu sistematizirane. Zbog takvog oblikovanja možemo reći da dizajner te poruke pretpostavlja da čovjek ima neograničen kapacitet pamćenja te da je pasivan pri učenju koje se odvija kroz samo jedan kanal. Kao što je prethodno spomenuto, ovakva se poruka u potpunosti kosi s Kognitivnom teorijom multimedijeskog učenja te vrlo vjerojatno neće voditi učenju s razumijevanjem s mogućnošću uporabe u problemskim zadacima u budućnosti jer nije oblikovana u skladu s načinom na koji čovjekov mozak usvaja informacije. Nastavljajući se na Baddeleyjevu teoriju radnog pamćenja, Paivioov model dvostrukog kodiranja i Swellerovu teoriju kognitivnog opterećenja, Kognitivna teorija multimedijeskog učenja, uključuje tri pretpostavke.

Pretpostavka o postojanju dva kanala

Ova pretpostavka podrazumijeva da čovjek posjeduje odvojene kanale za obradu slušnih i vizualnih informacija, odnosno da čovjekov sustav za obradu informacija posjeduje slušno-verbalni i vizualno-slikovni kanal (Mayer, 2005a). No što se točno obrađuje u kojem od kanala ovisi o tome na koji način gledamo na ideju obrade informacija. Dva su pristupa; prema načinu prezentacije i prema osjetilnom modalitetu.

Pristup prema načinu prezentacije se fokusira na tome je li je podražaj prezentiran verbalno, kao što su to govorene i tiskane riječi ili je, pak, prezentiran

neverbalno, poput fotografija, ilustracija, animacija i pozadinske buke. Ovaj pristup je konzistentan s Paiviovom teorijom.

S druge strane, pristup prema osjetilnom modalitetu se fokusira na organ kojim čovjek prima neku informaciju. Materijali poput animacija, video isječaka, fotografija, slika, tiskanog teksta i slično su ljudskom mozgu prezentirani kroz organ vida, to jest oči, nakon čega počinje obrada stečenih informacija u vizualnom kanalu. Isto tako, kada su informacije predstavljene kroz organ sluha, odnosno uši, naracijom ili drugim neverbalnim zvukovima, njihova obrada započinje u slušnom kanalu. U ovom slučaju možemo vidjeti skladnost s Baddeleyjevom fonološkom petljom te vizuospacijalnim ekranom.

Tablica 3 - dva kanala obrade informacija

<i>Pristup prema</i>	<i>Opis</i>	<i>Prvi kanal</i>	<i>Drugi kanal</i>
<i>Načinu prezentacije</i>	Verbalni ili neverbalni podražaj	verbalni	slikovni i neverbalni
<i>Osjetilnom modalitetu</i>	organ koji prima ulaznu informaciju	slušni	vizualni

Dakle, prema načinu prezentacije, jedan kanal obrađuje isključivo verbalni materijal, a drugi obrađuje neverbalni, odnosno slikovni materijal i pozadinsku buku, dok prema osjetilnom modalitetu, jedan kanal obrađuje vizualni materijal uključujući i tiskani tekst, a drugi obrađuje slušni. Možemo to vidjeti u Tablici 3. Ova dva pristupa možemo objasniti i tako da pristup prema načinu prezentacije ima fokus na način na koji je podražaj prezentiran, a pristup prema osjetilnom modalitetu označava način na koji će taj podražaj biti uveden u kratkoročno pamćenje (Mayer, 2005a). Razlika između ova dva pristupa je zapravo u tome što se tiskani tekst prema načinu prezentacije svrstava u verbalni kanal, dok se prema osjetilnom modalitetu svrstava u vizualni. Isto tako, pozadinska buka, npr. glazba bez riječi, se prema načinu prezentacije svrstava u neverbalni kanal, dok se prema osjetilnom modalitetu svrstava u slušni.

Za multimedijско učenje bitna je pretpostavka da kada informacija ulazi u ljudski mozak kroz jedan kanal, čovjek je sposoban obraditi tu informaciju i u onom drugom

kanalu. Na primjer, učenik će ilustraciju koja prikazuje funkcioniranje pumpe za bicikl inicijalno obraditi u vizualnom kanalu jer informacije prima kroz organ vida. Ipak, angažirani učenik može taj slikovni podražaj pretvoriti u mentalnu verbalnu predodžbu koju će moći obrađivati u verbalnom kanalu. Obrnuto tome, na temelju rečenice *Pri spuštanju ručke, ulazni ventil će se zatvoriti, a padajući cilindar će zbog pritiska istisnuti zrak kroz izlazni ventil* koju je primio kroz verbalni kanal, učenik će moći stvoriti mentalnu sliku unutrašnjosti pumpe za bicikl koja pri pritisku ručke ispušta zrak kroz izlazni ventil. Ovaj fenomen nazivamo međukanalnim prikazom istog stimulansa (Mayer, 2005a) te nam on omogućava bolje razumijevanje i pamćenje. I nakon ovog primjera možemo sa sigurnošću zaključiti da ljudi bolje uče iz kombinacije slika i riječi, nego iz samo jednog od tih izvora jer u svrhu boljeg pamćenja i sami stvaraju mentalne slike na temelju opisa ili mentalne opise na temelju slika.

Pretpostavka o ograničenom kapacitetu

Postoji ograničenje u količini informacija koje mogu biti obrađivane u svakom od kanala istovremeno. „Kada je prezentirana ilustracija ili naracija, učenik je u radnom pamćenju sposoban istodobno zadržati samo nekoliko slika, odnosno njihovih manjih dijelova, a ne identične kopije prezentiranog materijala. [...] Kada je prezentirana naracija, učenik je u radnom pamćenju sposoban zadržati samo nekoliko riječi istovremeno, odnosno dijelove prezentirane naracije, a ne cijeli govor od riječi do riječi“ (Mayer, 2005a, str. 35). Uzmimo opet primjer pumpe za gume za bicikl (vidi Sliku 4 na str. 31). Ukoliko je ta ilustracija prezentirana učeniku, on neće zapamtiti cjelokupnu sliku u detalje. Izgradit će samo mentalnu sliku ručke koja se spušta prema dolje te sliku gibanja zraka kroz cilindar. U slučaju opisa *Pri spuštanju ručke, ulazni ventil će se zatvoriti, a padajući cilindar će zbog pritiska istisnuti zrak kroz izlazni ventil*, učenik neće zapamtiti cijelu rečenicu, nego će mu u radnom pamćenju odzvanjati riječi poput *ručka se spušta, zatvaranje ulaznog ventila, istiskivanje zraka*.

Uobičajeni način na koji se može mjeriti nečiji kognitivni kapacitet je test raspona pamćenja (Mayer, 2005a). Na primjer, ako želimo izmjeriti učenikov raspon pamćenja, možemo mu pročitati kraći nasumični popis brojeva. Recimo ovakav: 9, 4, 7, 2, 5, 1, 8, 3... Nakon toga učenik će morati ponoviti navedene brojeve istim redoslijedom. Koliko

brojeva ponovi točnim redoslijedom, toliki ima raspon pamćenja riječi. Isto možemo ponoviti s pokazivanjem ilustracija nasumičnim redom koje onda učenik mora ponoviti. Koliko ilustracija ponovi točnim redoslijedom, toliki je njegov raspon pamćenja slika. Ova se sposobnost može i vježbati raznim mnemotehnikama. Popularni način vježbanja raspona pamćenja riječi je verbalna igra „Pričam ti priču“ u kojoj je cilj ponoviti čim više povezanih riječi. Iz vlastitog iskustva tvrdim da ju je lakše igrati ukoliko tijekom igre stvorimo slikovnu mentalnu predodžbu priče koju ponavljamo.

„Ograničenja u našem kapacitetu obrade informacija nas tjeraju da donosimo odluke o tome na koje dijelove ulaznih informacija obratiti pozornost, na koji način stvarati asocijacije između odabranih dijelova informacije te na koji način stvarati veze između odabranih dijelova te već postojećeg znanja“ (Mayer, 2005a). Ovdje vidimo važnost onoga što Sweller i Baddeley nazivaju centralnim izvršiteljem – sustava koji kontrolira raspodjelu čovjekovih ograničenih kognitivnih resursa.

Pretpostavka aktivne obrade

Čovjek se svjesno uključuje u kognitivne procese kako bi izgradio smislene mentalne predodžbe ulaznih informacija koje prima iz svoje okoline i iskustava. „Aktivni kognitivni procesi uključuju obraćanje pozornosti, organiziranje ulaznih informacija te njihovo inkorporiranje s već postojećim znanjem“ (Mayer, 2005a, str.36). Čovjek na taj način kreira strukturu znanja koja se sastoji od najbitnijih dijelova ulaznih informacija te odnosa između njih. Koraci aktivne obrade informacija, odnosno uspješnog multimedijskog učenja su detaljnije:

1. Obraćanje pažnje na relevantne riječi koje učenik odabire za daljnju obradu u radnom pamćenju

Na primjer, u multimedijskoj lekciji o razvoju olujnog nevremena⁸ učenik će čuti rečenice poput *Topao zrak se diže, vodena se para kondenzira u kapljice i formira oblak. Zaleđene kapljice kiše vuku zrak prema dolje. Počinje padati kiša.* S obzirom na

⁸ Još jedna od tri najčešće korištenih multimedijskih instruktivnih poruka u Mayerovim istraživanjima. Sastoji se od serije slika i opisa slika u slučaju predstavljanja lekcije u knjizi te od animacija i odgovarajuće naracije u lekciji predstavljenoj na računalu. Slike i animacije prikazuju kućicu oko koje možemo vidjeti kretanje toplog, vlažnog zraka iz kojeg postepeno nastaju munje.

ograničenost verbalnog kanala, učenik će obratiti pažnju na najbitnije elemente što će rezultirati uvođenjem opisa poput *Topli zrak se diže i formira oblak* u verbalno radno pamćenje. Odabir riječi nije nasumičan, nego se učenik mora aktivno angažirati i odrediti koje su riječi najrelevantnije.

2. Obraćanje pažnje na relevantne slike koje učenik odabire za daljnju obradu u radnom pamćenju

Na primjer, u istoj multimedijskoj lekciji učenik će vidjeti slike koje prikazuju plave strelice koje predstavljaju hladni zrak koji se pokraj kućice diže u visinu te tamo gore postaje crveni, odnosno topao, gdje se sada nalaze točkice koje predstavljaju kišne kapljice. Pri odabiru relevantnih elemenata, učenik će izostaviti sporedne detalje poput kuće, a zapamtiti će ono najvažnije, vjerojatno plavu boju strelice koja postaje crvenom prilikom uzdizanja. Tu će mentalnu predodžbu poslati na obradu u vizualno radno pamćenje. Kao i kod odabira riječi, i biranje relevantnih slika je potpuno svjestan proces u kojem je učenik aktivni subjekt.

3. Organiziranje odabranih riječi gradnjom strukturnih veza među njima

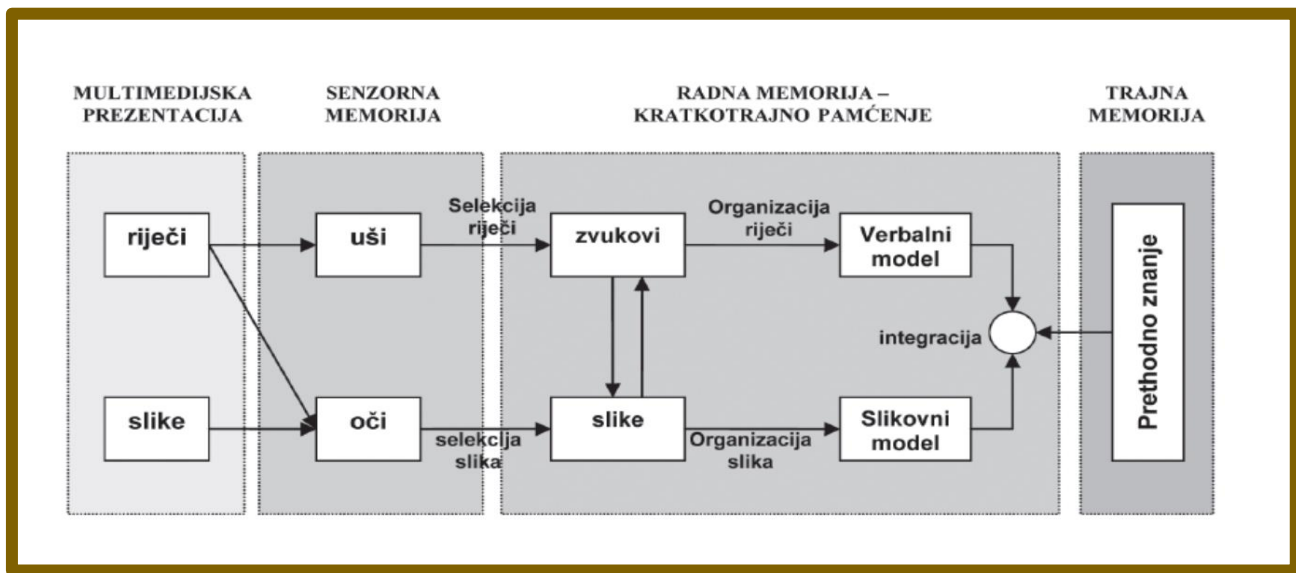
4. Organiziranje odabranih slika gradnjom strukturnih veza među njima

Neki od osnovnih načina gradnje strukturnih veza među ulaznim informacijama su razumijevanje funkcioniranja, uspoređivanje, generaliziranje, enumeracija i klasifikacija (Mayer, 2005a). Pod razumijevanjem funkcioniranja misli se na stvaranje uzročno-posljedičnih veza među elementima koji čine neki proces. Na primjer, koji procesi se događaju prilikom formiranja olujnog nevremena (zrak je prvo ugrijan i zbog toga se diže, tamo se kondenzira i formira oblak). Uspoređivanjem čovjek suprotstavlja dva ili više poznata pojma te traži razlike, sličnosti, prednosti i slične odnose između njih. Generalizacijom se traže zajedničke karakteristike nekoliko elemenata koje ocrtavaju glavnu ideju. Na primjer, mentalne mape. Enumeracija predstavlja sposobnost navođenja raznih predmeta koje nešto povezuje, na primjer principa multimedijskog dizajna koji su proizašli iz kognitivne teorije multimedijskog učenja, a klasifikacija se odnosi na sposobnost grupiranja elemenata u hijerarhijske odnose. Razumjeti multimedijску instruktivnu poruku često znači koristiti neke od ovih načina strukturiranja znanja.

5. Integriranje verbalnih i slikovnih informacija

Prema Mayeru, ovo je najvažniji korak u multimedijском učenju jer se stvaraju smislene veze između verbalnih i slikovnih predodžbi. Sada više ne postoje dva odvojena kanala obrade. Oni postaju jedan integrirani kanal koji također uključuje inkorporiranje s već postojećim znanjem prizvanim iz dugoročnog pamćenja. Proces se odvija u verbalnom i vizualnom radnom pamćenju koji se međusobno usuglašavaju. Na primjer, u lekciji o formiranju olujnog nevremena, učenik sada gradi veze između odabranih i organiziranih riječi i slika te ih usklađuje s onime što zna od ranije.

Slika 5 - Mayerov model multimedijскоg učenja (preuzeto iz Mateljan, Širanović & Šimović 2009)



Iz pretpostavke aktivne obrade informacija slijedi da bi multimedijска instruktivna poruka trebala biti dizajnirana tako da sadržaj bude smisleno organiziran te bi, uz to, učenicima trebalo osigurati smjernice o tome kako prezentirane informacije obraditi, odrediti na što obratiti pažnju, kako to mentalno organizirati i povezati s prethodnim znanjem. Mayer (2005a) tvrdi da ako materijal nije organiziran u logičku cjelinu, učenikovi pokušaji gradnje struktura mogu, citiram, biti neplodonosni. Dakle, ukoliko multimedijска instrukcija ne sadržava nikakve naputke ili smjernice, učenik bi mogao biti preopterećen samostalnom izgradnjom struktura.

Na Slici 5 možemo vidjeti prikaz kognitivne teorije multimedijскоg učenja predstavljenu kroz čovjekov kognitivni sustav za obradu informacija. Veliki tamni

pravokutnici predstavljaju senzorno, radno i dugoročno pamćenje. Na lijevoj strani Slike 5 nalazi se multimedijaska instruktivna poruka koja je predstavljena učeniku u obliku riječi i slika. Ona u senzorno pamćenje ulazi kroz uši i oči. Strelica koja pokazuje put od Slike do Očiju predstavlja slike koje čovjek percipira kroz oko, a strelica koja vodi od Riječi do Ušiju predstavlja govorenu riječ koju čovjek percipira kroz uho. Isto tako, strelica od Riječi do Očiju predstavlja tiskanu riječ koju čovjek inicijalno percipira okom. Slike i tiskani tekst ostaju precizno detaljni u vizualnom senzornom pamćenju vrlo kratko, što možemo vidjeti pri dnu pravokutnika senzornog pamćenja. Govorene riječi i drugi zvukovi također se zadržavaju u izvornom zapisu vrlo kratko u slušnom senzornom pamćenju, a to se može vidjeti u gornjem dijelu pravokutnika senzornog pamćenja. Kako bi u pravi receptor smjestili sve podražaje koji su navedeni u pretpostavci o postojanju dva kanala, kako ne bi bilo zabune, spomenimo ovdje još i pozadinsku buku. Ona ne nosi nikakvu instruktivnu vrijednost i zbog toga za nju nema mjesta u shemi o kognitivnoj teoriji multimedijaskog učenja.

Strelica koja vodi od Ušiju u senzornom pamćenju do Zvukova u radnom pamćenju naziva se *odabir (selekcija) riječi*. Input u ovom koraku obrade ulaznih informacija u senzornom pamćenju je govorena poruka, a nakon procesa odabira riječi, rezultat će biti mentalna predodžba najvažnijih elemenata poruke u obliku zvuka u radnom pamćenju. Isto tako, strelica koja vodi od Očiju u senzornom pamćenju do Slika u radnom pamćenju naziva se *odabir (selekcija) slika* te predstavlja put slikovnog dijela multimedijске poruke od senzornog pamćenja gdje kroz proces odabira slika u radno pamćenje ulazi kao mentalna slikovna predodžba najvažnijih elemenata slike. Kao što smo ranije već spomenuli, ovo su samo dva prva od pet procesa kognitivne obrade informacija koji vode do smislenog učenja.

Najveći dio multimedijaskog učenja događa se u drugom tamnom pravokutniku, tj. radnom pamćenju. „Radno pamćenje se koristi za privremeno čuvanje i manipuliranje znanjem u aktivnoj svijesti“ (Mayer, 2005a, str. 38). Učenik informacije u radnom pamćenju, dakle, obrađuje potpuno svjesno. Kao što možemo primijetiti, pravokutnik radnog pamćenja se sastoji od dva jasno odvojena dijela. Lijevi dio predstavlja neobrađene dijelove informacije, odnosno slikovne i verbalne predodžbe, na koje je

čovjek obratio pozornost dok je bio izložen priljevu novih informacija u senzornom pamćenju. Strelica od Zvuka do Slika označava mentalnu pretvorbu zvuka u sliku. Na primjer, ako učenik čuje riječ *računalo*, u glavi će stvoriti mentalnu sliku računala. Isto tako, strelica koja pokazuje od Slika do Zvuka označava mentalnu pretvorbu slike u zvuk. Na primjer, kada učenik vidi fotografiju računala, istovremeno čuje riječ *računalo*.

Desna strana pravokutnika radnog pamćenja predstavlja znanje do kojeg se došlo obradom informacija u radnom pamćenju. Proces kojeg predstavlja strelica koja vodi od Zvukova do Verbalnog modela naziva se *organizacija riječi* i ona je treći od pet procesa aktivne obrade informacija. Rezultat tog procesa je verbalni model, odnosno strukturirani prikaz odabranih riječi u kojem je učenik izgradio smislene veze između dijelova verbalnog znanja. Organizacija riječi je također potpuno svjestan proces u kojem učenik pokušava stvoriti jednostavne i logične strukture među elementima, na primjer, razumijevanjem funkcioniranja, uspoređivanjem, enumeracijom i sl. (pogledaj str. 35).

Četvrti proces obrade informacija je *organizacija slika* i označen je strelicom koja vodi od Slika do Slikovnog modela. Rezultat organizacije slika je Slikovni model, kao što to možemo vidjeti na Slici 5. Slikovni model je strukturirani prikaz odabranih vizualnih elemenata u kojem je učenik izgradio smislene veze između dijelova vizualnog znanja.

Zadnji, peti proces nazvan *integracijom* pokazan je strelicama koje vode iz Slikovnog i Verbalnog modela te Prethodnog znanja. Ovaj proces označava stvaranje veza između slikovnog i verbalnog modela, odnosno njihovo spajanje u jedan integrirani model u kojem su elementi i predodžbe jednog od dva ranija modela preslikani u onaj drugi i obrnuto. Uz to, učenik ranije stečeno znanje ili, kako ih Sweller naziva, sheme (vidi str. 18) koje su pohranjene u dugoročnom pamćenju mora prizvati u radno pamćenje kako bi koordinirao proces stvaranja veza i asocijacija između verbalnog i slikovnog modela te kako bi te informacije uklopio u već postojeće znanje. Takvo se znanje zatim pohranjuje u dugoročno pamćenje te postaje *postojeće znanje* koje će ubuduće imati svrhu koordiniranja novog znanja.

Kako ovaj proces izgleda na primjeru? Recimo da učenik mora obraditi lekciju o stvaranju olujnog nevremena koju gleda u udžbeniku. Instrukcija je predstavljena kao

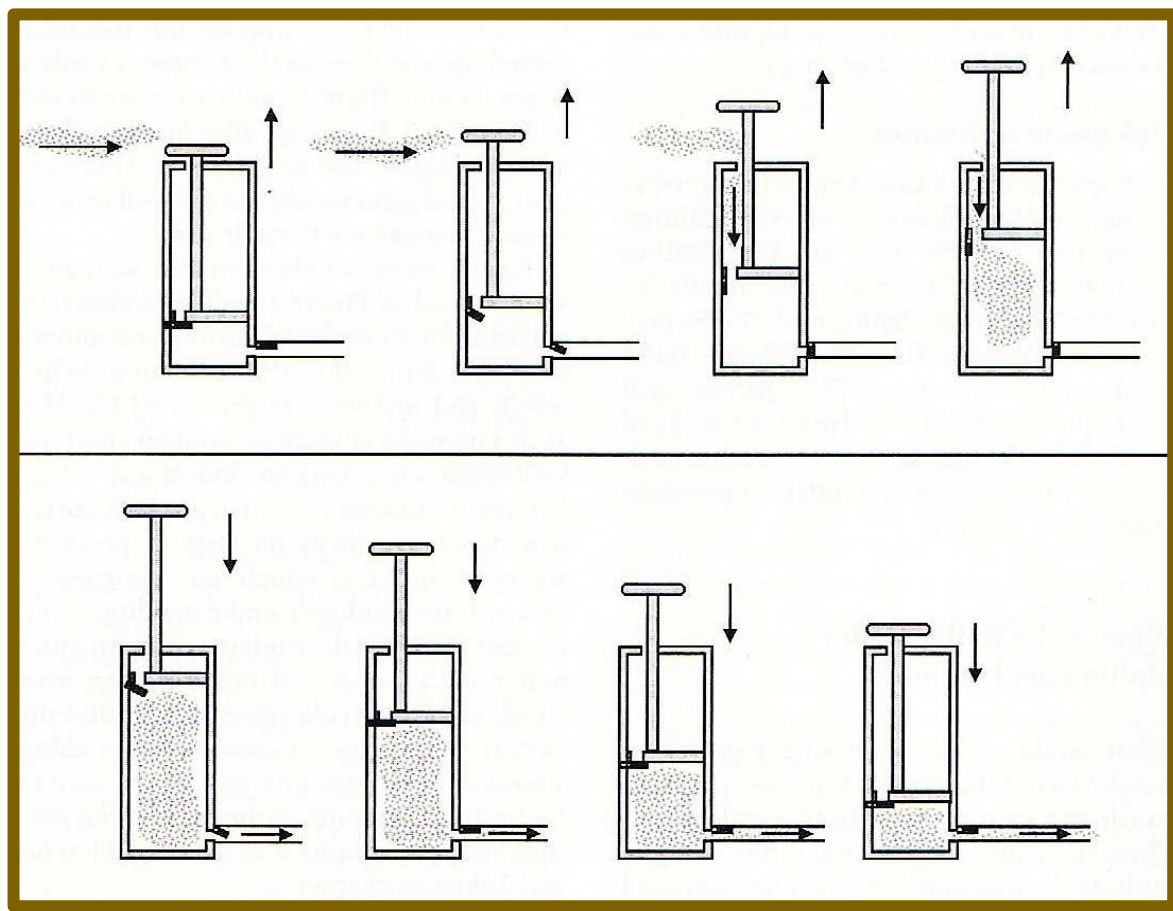
multimedijska poruka koja se sastoji od statičnih slika i naracije. Detaljnije je opisan samo proces obrade statičnih slika jer su tijekom obrade slika i tijekom obrade naracije isti, samo se događaju u odvojenim kanalima. Dakle, ono što se odnosi na korake u obradi slika, odnosi se i na obradu naracije u drugom kanalu. Obrada slikovnog dijela lekcije će započeti u očima gdje će se slika zadržati kratko vrijeme. Tada započinje aktivna (svjesna) obrada procesom odabira slika. Ukoliko učenik obrati pozornost na slike koje se javljaju u njegovom senzornom pamćenju, najvažnije elemente tih slika će predložiti u radnom pamćenju. Kada skupi dovoljan broj takvih mentalnih slika započet će proces njihovog organiziranja u smislene strukture. Te strukture su sada slikovni modeli koji će u radnom pamćenju biti povezivani s odgovarajućim verbalnim modelom. Prethodno znanje će biti glavni koordinator u gradnji novih struktura te će novo znanje na kraju biti inkorporirano u ono staro te spremljeno u dugoročnom pamćenju.

7. Principi multimedijskog dizajna

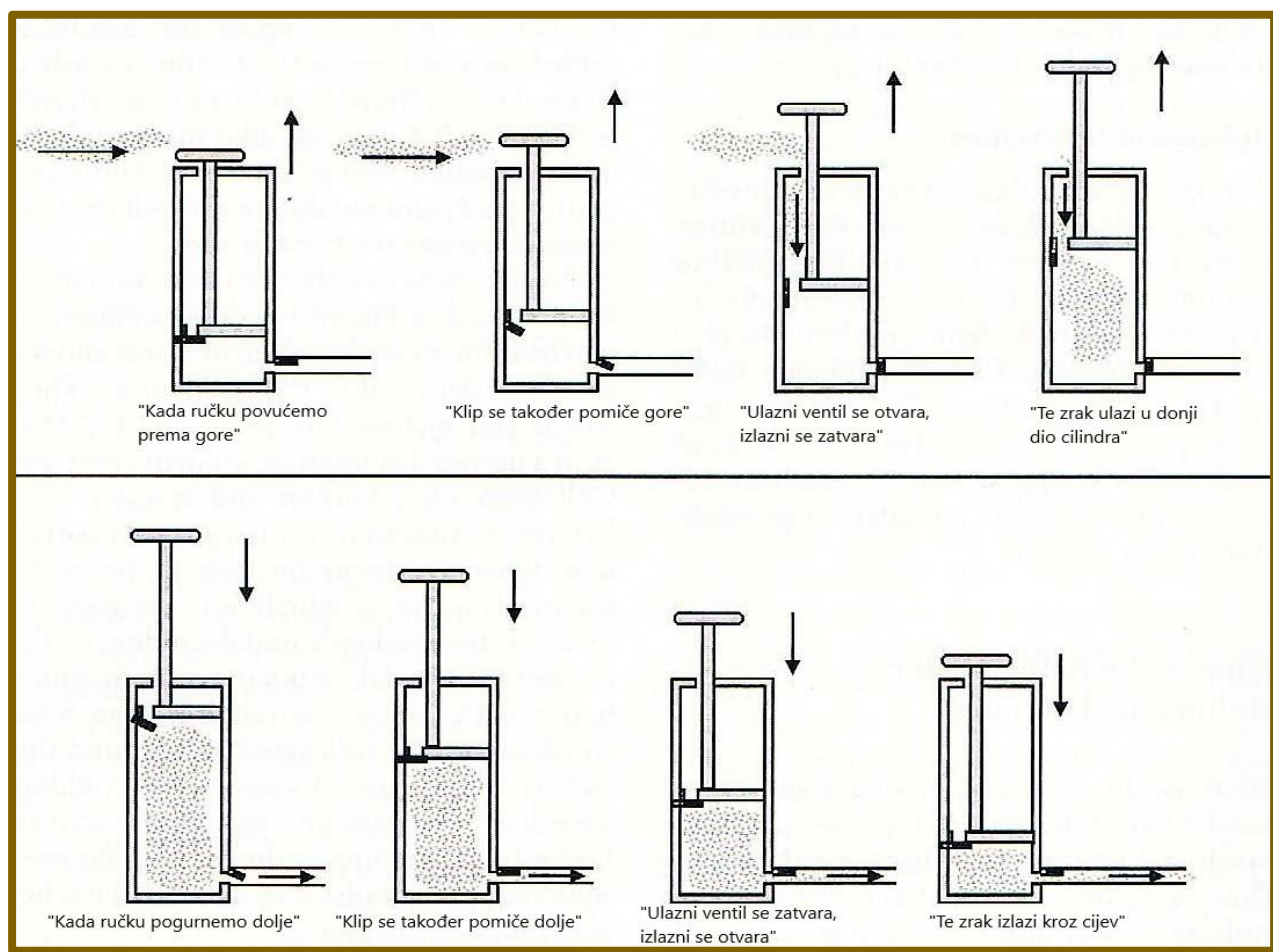
Prisjetimo se stranice 11 na kojoj nam je postavljeno pitanje *Kako dizajnirati kvalitetnu multimedijsku instruktivnu poruku?*. Prvi korak u ostvarivanju tog cilja, rekli smo, je odgovoriti na pitanje *Što želimo postići ovom multimedijskom instruktivnom porukom?*. Odgovor bi glasio: *Ne želimo postići reprodukciju znanja i puko zapamćivanje informacija, želimo postići smisljeno učenje – izgradnju znanja*. Idući korak bio je dati odgovor na pitanje *Kako ljudi uče iz riječi i slika?*. S obzirom na to da nam je Kognitivna teorija multimedijskog učenja opisala način na koji ljudski mozak funkcionira prilikom pamćenja i učenja, spremni smo prijeći na idući, a ujedno i zadnji korak koji će nam opisati kako dizajnirati kvalitetnu multimedijsku instruktivnu poruku te na taj način dati odgovor na početno pitanje *Koji je najbolji način oblikovanja multimedijske instruktivne poruke?*. Odgovor se krije u konzultiranju i praćenju principa multimedijskog dizajna.

Ono što Mayer naziva principima multimedijskog dizajna zapravo je skup preporuka i načela za oblikovanje multimedijske instruktivne poruke temeljenih na empirijskim istraživanjima i kognitivnoj teoriji multimedijskog učenja. Njihova svrha je mogućnost oblikovanja multimedijalnog sadržaja koji će maksimalno poticati aktivne kognitivne procese te na taj način dovesti do smislenog učenja – dubokog razumijevanja i mogućnosti primjene novostečenog znanja u situacijama u budućnosti. Ovi principi namijenjeni su prvenstveno nastavnicima, dizajnerima i drugim osobama koje donose odluke o oblikovanju edukacijskih multimedijskih materijala te im služe kao smjernice ka stvaranju efektive multimedijske instruktivne poruke. Osnovno pravilo je već ranije kroz rad spomenuto (vidi str. 9), a to je da ljudi uče kvalitetnije iz kombinacije slika i riječi nego isključivo iz jednog od ta dva izvora. Ovo načelo nazivamo principom multimedija. Pogledajmo primjer o funkcioniranju pumpe za bicikl preuzet iz Mayer (2005b, str. 4 – 5) iz kojeg ćemo moći vidjeti konkretnu razliku između prijenosa informacija isključivo verbalnim putem, zatim isključivo slikovnim putem, a na kraju i multimedijalnim putem u kojoj su informacije prezentirane simultano slikovno i verbalno.

Slika 6 - Slikovni prikaz funkcioniranja pumpe za bicikl (preuzeto iz Mayer, 2005b, str. 4)



Instrukcija prezentirana samo riječima glasila bi ovako: *Kada povučemo ručku prema gore, klip se također pomiče prema gore, ulazni ventil se tada otvara, a izlazni zatvara te zrak ulazi u donji dio cilindra. Kada ručku gurnemo dolje, klip se spušta, ulazni se ventil zatvara, a izlazni otvara te zrak izlazi kroz cijev* (Mayer, 2005). Kada bismo istu ovu instrukciju prezentirali samo slikovno, ona bi izgledala kao na Slici 6. Ako bi prezentirali ove dvije instrukcijske poruke pojedinačno, rezultat učenja bi zasigurno bio zapamćivanje i reprodukcija prenesenih informacija, no njihovo razumijevanje i mogućnost uporabe u novim situacijama bili bi upitni. Slike i riječi nisu kvalitativno jednako vrijedni prenositelji informacija, odnosno slike bolje prenose neke informacije, a riječi bolje prenose one druge. Slike i riječi se, dakle, međusobno nadopunjuju te na taj način pružaju efektivnije učenje i dublje razumijevanje prezentiranih informacija. Slika 7 prikazuje instruktivnu poruku prenesenu multimedijски.



Slika 7 - Multimedijска instruktivna poruka o funkcioniranju pumpe za bicikl (prilagođeno prema Mayer, 2005b, str. 4)

Kognitivna teorija multimedijskog učenja pretpostavlja da će učenik bolje obraditi informaciju prezentiranu na Slici 7, nego na Slici 6 ili onu prezentiranu verbalnim putem.

Mayer je to i potvrdio u 9 svojih istraživanja predstavljenih u knjizi *Multimedia Learning* (2001). U tim istraživanjima ispitanicima su informacije bile prezentirane ili samo riječima ili kombinacijom riječi i slika. Usvojenost znanja kod ispitanika se provjeravala testovima zapamćivanja i transfera (vidi str. 11). Zadatak ispitanika u testovima zapamćivanja bio je napisati svega čega se sjećaju iz prezentiranog materijala, a zadatak u testovima transfera bio je riješiti neki problem pomoću informacija dobivenih u prethodno prezentiranom materijalu. Šest od devet istraživanja pokazalo je bolje rezultate iz testova zapamćivanja kod ispitanika kojima su informacije bile predstavljene kombinacijom slika i riječi od onih kojima su informacije bile predstavljene samo verbalno. Osim toga, rezultati testova transfera u svih devet istraživanja bili su bolji kod ispitanika kojima su informacije bile prezentirane multimedijalno.

Osim ovog osnovnog principa multimedije, u knjizi *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (Mayer, 2005) govori se o još jedanaest principa koje možemo podijeliti u tri grupe: oni kojima se smanjuje irelevantno opterećenje, oni kojima se upravlja esencijalnim (neophodnim) opterećenjem te oni koji ističu ljudske faktore. Prikaz je u Tablici 4.

Pod nužnom obradom podrazumijevamo onu količinu resursa (riječi i slika) koji su potrebni kako bi učenik razumio gradivo koje savladava. Dakle, nužna obrada je ona bez koje nema ni usvajanja ni razumijevanja novog znanja. Ona je bliska Swellerovom intrinzičnom kognitivnom opterećenju (vidi str. 21). Ukoliko je u multimedijskoj instrukciji prisutan materijal koji zahtjeva dodatnu uporabu resursa (na primjer, dizajnerski promašaj poput gomile nevažnih riječi i slika, nerazumljivog rasporeda objekata na ekranu, zanimljivih, ali irelevantnih dosjetki), bit će to irelevantno opterećenje koje je poželjno reducirati. Ono je, pak, blisko Swellerovom sadržajno irelevantnom kognitivnom opterećenju.

Reduciranje irelevantnog opterećenja	princip koherentnosti	princip signalizacije	princip redundantnosti	principi vremenske i prostorne usklađenosti
Upravljanje neophodnim opterećenjem	princip segmentacije	princip upoznatosti	princip modaliteta	
Ljudski faktori	princip personalizacije	princip glasa	princip interakcije (zaslonskog agenta)	Tablica 4 - Principi multimedijskog di- zajna

Princip koherentnosti

„Ljudi dublje uče iz multimedijske instruktivne poruke kada je zanimljiv, ali nevažan materijal isključen, nego kada je uključen“ (Mayer, 2005c, str.184). To bi značilo da se kvaliteta učenja poboljšava kada se zavodljivi detalji ne koriste u instrukciji.

Nije teško pretpostaviti da je svaki dizajner prilikom oblikovanja multimedijske instrukcije u iskušenju začiniti ju dodavanjem nekoliko zanimljivih elemenata poput šarenih slika, lika mudre sove koja s vremena na vrijeme motivira verbalnim dosjetkama ili možda dodavanjem kratkog teksta sa zanimljivim činjenicama o ljudskom tijelu na marginama slajdova prezentacije o funkcioniranju krvožilnog sustava. No, unatoč tome što takvi detalji unutar instruktivne poruke možda i jesu emotivno inspirirajući i motivirajući, činjenica je da zauzimaju određenu količinu kognitivnih resursa te na taj način mogu odvratiti pozornost s uistinu važnog materijala i ometati učenikov proces procesuiranja materijala (Mayer, 2001). Štoviše, mogu i navesti učenika da u potpunosti krivo organizira informacije.

Prilikom ispitivanja ovog principa (Mayer, 2001), korištene su dvije vrste multimedijske poruke; ona koja je sadržavala samo slike i riječi koje su bile ključne, ali i dovoljne za razumijevanje funkcioniranja nekog koncepta te ona kojoj su bile dodane zanimljive, ali nebitne slike i riječi. U 11/11 testova zapamćivanja i isto toliko testova transfera, ispitanici koji su dobili multimedijску instrukciju bez dodatnih sadržaja su ostvarili bolje rezultate od onih koji su dobili instrukciju sa zanimljivim i irelevantnim sadržajima.

Princip signalizacije

„Ljudi bolje uče iz multimedijske instruktivne poruke kada su dodani znakovi koji ističu i signaliziraju organiziranje ključnih elemenata [instrukcije]“ (Mayer, 2005c, str. 184). Ovaj princip uključuje vokalno signaliziranje te vizualno isticanje najbitnijeg materijala kako bi se učenikova pažnja usmjerila na ključne elemente te na taj način olakšala selekcija i organizacija informacija. Znakovi ne dodaju nikakve dodatne informacije, već samo ističu bitno te je zbog toga ovaj princip posebno važan za učenike s nikakvim ili niskim prethodnim znanjem o temi o kojoj uče. Signalizirajući na najbitnije dijelove poruke, izbjeci će se irelevantno kognitivno opterećenje - obrada nevažnih i manje važnih informacija.

Jedno od istraživanja principa signalizacije (Mayer, 2005c) bilo je da je dio ispitanika gledao i slušao animaciju popraćenu naracijom o tome kako zrakoplov dostiže visinu. Drugi dio ispitanika gledao je istu takvu, ali signaliziranu, animaciju s naracijom. Pripovjedač u ovoj poruci je na samom početku istaknuo tri glavna koraka u dizanju zrakoplova te je prije svake nove sekcije animacije bio umetnut naslov, odnosno istaknut pojedini korak. Rezultati testa transfera u ovom, ali i nekoliko ostalih povezanih Mayerovih (2005c) istraživanja upućuju na korisnost korištenja signaliziranja u multimedijскоj instrukciji.

Princip redundantnosti

„Ljudi bolje uče iz slika [bilo statičkih, bilo dinamičkih] i naracije, nego iz slika, naracije i teksta na ekranu“ (Mayer, 2005c, str. 184).

Razlog zbog kojeg bi dizajner vjerojatno dodao i naraciju i tiskani tekst svojoj multimedijskoj instrukciji mogao bi biti taj što različiti ljudi različito uče pa bi informaciju bilo najbolje predstaviti na oba načina. Ako učenik preferira učiti iz tiskanih riječi, on tada može pažnju obratiti na tiskane riječi u poruci. Ukoliko mu je draže slušati objašnjenje, tada će slušati naraciju i gledati slike koje mu se pojavljuju pred očima. No, sjetimo li se da je svaki od kanala obrade informacije ograničen u količini informacija koje istodobno može obrađivati, dodavanje i naracije i tiskanog teksta nekom videu ili animaciji nije idealno rješenje. „Kada su riječi prezentirane vizualno – kao tekst na ekranu – ovo stvara dodatno opterećenje vizualnom kanalu za obradu informacija“ (Mayer, 2001, str. 152). Dodatno opterećenje vizualnog kanala pisanim riječima rezultira nemogućnošću procesuiranja slika. U dva od dva istraživanja (Mayer, Heiser & Lonn, 2001) ispitanici koji su gledali video koji je sadržavao samo sliku i naraciju su imali bolje rezultate na testovima zapamćivanja i transfera nego ispitanici koji su gledali video koji je sadržavao naraciju i tekst na ekranu. Ipak, slijedeći princip signalizacije, ukoliko se samo ključne riječi istaknu na ekranu, one mogu biti korisne.

Princip prostorne i vremenske usklađenosti

„Ljudi uče bolje iz multimedijske instruktivne poruke kada su odgovarajuće riječi i slike postavljene blizu, nego kada su postavljene daleko jedno od drugoga na papiru ili ekranu“ (Mayer, 2005c, str. 184). Isto tako: „Učenici su uspješniji na testovima transfera kada su animacija i naracija prezentirane simultano, nego kada su prezentirane sukcesivno“ (Mayer&Sims, 1994, str. 391). Princip prostorne povezanosti se odnosi na

slike i vizualno prezentirane riječi (tiskano ili na ekranu), a princip vremenske povezanosti odnosi se na slike (statičke ili dinamičke) te riječi prezentirane oralno.

Zamislimo situaciju u kojoj učenik uči iz udžbenika. Na jednoj stranici se nalazi tekstualno objašnjenje koje poručuje da je na Slici broj 87 slikovno objašnjenje. Slika 87 se nalazi tek na idućoj stranici. Učenik tada mora trošiti dodatne kognitivne resurse na potragu slike, a dok ju traži ujedno i rasipa informacije u radnom pamćenju. Kada bi odgovarajuće riječi i slike bile jedne blizu drugih na ekranu ili stranici, učenici ne bi morali koristiti dodatne kognitivne resurse kako bi tražili koje riječi pripadaju kojoj slici, čime bi dobili više prostora za zadržavanje oba podražaja u radnom pamćenju u isto vrijeme (Mayer, 2001).

Isto tako, zamislimo situaciju u kojoj učenik gleda instruktivni video koji prvo prikazuje animaciju, a tek nakon njenog završetka dolazi narativno objašnjenje prikazanih isječaka. U ovoj bi situaciji učenik u radnoj memoriji trebao zadržati relevantne slike sve dok ne čuje odgovarajuće verbalno objašnjenje. Radi se o situaciji koja bi preopteretila njegove kapacitete radnog pamćenja. To također znači da učenik ne bi mogao izgraditi smislene veze između slika i riječi. No s druge strane, ukoliko su razmaci između prikazivanja slikovnih isječaka i reproduciranja verbalnog objašnjenja relativno kratki, učenik može biti sposoban smisljeno ih povezati.

Istraživanja (Mayer, 1989) su pokazala bolje rezultate na svim testovima transfera i zapamćivanja kod ispitanika koji su gledali animacije u kojima je verbalno objašnjenje bilo pozicionirano blizu na ekranu, od onih ispitanika koji su gledali animacije kod kojih su verbalna objašnjenja bila pozicionirana daleko.

Također, kod istraživanja principa vremenske povezanosti (Mayer, 2001) u tri od pet testova zapamćivanja ispitanici kojima su slikovne i verbalne informacije bile prikazane simultano su imali bolje rezultate od ispitanika kojima su informacije bile prikazane sukcesivno. Kod testova transfera, razlika u uspješnosti bila je još veća. U svim testovima bolje rezultate su imali ispitanici koji su objašnjenja primali simultano. Dodajmo ovdje još i istraživanja u kojima su slikovna i verbalna objašnjenja bila prezentirana jedno iza drugog u kratkim razmacima, odnosno kada je nekoliko sekundi animacije bilo objašnjeno jednom rečenicom neposredno poslije, razlike u rezultatima

testova transfera i zapamćivanja kod navedene dvije grupe nisu bile velike (Moreno&Mayer, 1999).

Princip segmentacije

„Ljudi uče dublje kada je multimedijaska instruktivna poruka prezentirana u dijelovima, nego kao cjelina bez prekida“ (Mayer, 2005d, str. 169).

Zamislamo neku animaciju kompliciranog sadržaja popraćenu naracijom. Ona sadrži mnogo informacija te koraka koje učenik mora memorirati, a možda teče brže no što učenik može osvijestiti sve ulazne informacije. U takvoj situaciji bi se učenik jednostavno mogao izgubiti dok pokušava pratiti brz nalet informacija. Princip segmentacije stoga zagovara razlamanje velikih poruka na nekoliko manjih segmenata koji bi bili pogodniji za njihovu uspješnu obradu. Štoviše, na kraju svakog segmenta može se dodati gumb koji učenik može stisnuti kada je siguran da je razumio prethodni segment i želi prijeći na sljedeći. Na takav način učeniku se daje mogućnost da sam određuje tempo koji mu odgovara čime se može izbjeći potencijalni nedostatak vremena za potpuno procesuiranje neke informacije.

U istraživanju ovog principa (Mayer, 2005d) jednoj je grupi ispitanika bila prezentirana instrukcija koja se sastojala od animacije i naracije, a drugoj grupi je bila prezentirana ista ta animacija, ali segmentirana na više dijelova s mogućnošću pritiska na gumb „Nastavi“. Grupa koja je gledala segmentiranu instrukciju imala je znatno bolje rezultate na testovima transfera i na testovima zapamćivanja od grupe koja je gledala animaciju bez prekida.

Princip upoznatosti

„Ljudi uče bolje iz multimedijske instruktivne poruke kada [od prije] znaju nazive i karakteristike glavnih koncepata“ (Mayer, 2005d, str. 169). Ukoliko učenik nema dovoljno prethodnog znanja, on će većinu svojih kognitivnih resursa koristiti za obradu osnovnih pojmova i koncepata te će zbog toga patiti usvajanje naprednijeg sadržaja.

Na primjer, recimo da učenik gleda video o prijenosu podataka u računalnoj mreži. U videu će se spominjati pojmovi poput internetskih protokola, IP adrese, korisničko-poslužiteljskog modela i sl. Ukoliko učenik nije upoznat s tim pojmovima, njegovi pokušaji shvaćanja poruke i neophodno procesuiranje bit će preopterećeni. Kod takvih slučajeva, neophodno opterećenje može se izbjeći onime što Mayer naziva pred treningom (2005d). Učenicima se prije prezentiranja planirane multimedijske instrukcije može predstaviti i dodatni materijal koji će ih upoznati s osnovnim pojmovima i konceptima s kojima će se susresti kroz nadolazeću instruktivnu poruku.

U istraživanju ovog principa (Pollock, Chandler & Sweller, 2002) dvije skupine ispitanika gledale su multimedijsku instrukciju o električnim uređajima podijeljenu u dva dijela. Prva je skupina gledala instrukciju podijeljenu na dio u kojem je bilo objašnjeno kako svaka pojedinačna komponenta električnog uređaja funkcionira te na dio u kojem sve komponente električnog sustava funkcioniraju zajedno. Oba dijela multimedijske instrukcije koju je gledala druga skupina ispitanika pokazivala su kako sve komponente sustava funkcioniraju zajedno. U testovima transfera, ispitanici prve skupine koji nisu imali puno prethodnog znanja su imali znatno bolje rezultate od ispitanika s niskim prethodnim znanjem iz druge skupine. Rezultati testova transfera ispitanika iz obje skupine koji su imali dobro prethodno znanje su bili podjednaki.

Princip modaliteta

„Ljudi uče bolje iz multimedijske instruktivne poruke kada su riječi govorene, nego kada su tiskane“ (Mayer, 2005d, str. 169). Ovaj princip rođen je iz teorije dvostrukog kodiranja. Prema njoj, slike se obrađuju u vizualnom/slikovnom kanalu, a riječi u slušnom/verbalnom. U slučaju da su riječi prezentirane na ekranu ili tiskane na papiru, njih će učenik inicijalno percipirati kroz oči – u slikovnom/vizualnom kanalu. Dakle, pretpostavka je da taj kanal može postati preopterećen ukoliko su i riječi i slike prezentirane vizualno. No, ako su riječi prezentirane oralno, tada će one biti procesuirane u slušnom/verbalnom kanalu i ostaviti dovoljno mjesta u vizualnom kanalu za obradu prezentiranih slika.

Ovaj je princip bio fokus proučavanja u desecima istraživanja. Tako je u Mayerovom i Moreninom istraživanju iz 1998. godine grupa ispitanika koja je gledala animaciju o formiranju olujnog nevremena s odgovarajućom naracijom imala bolje rezultate na testovima zapamćivanja i transfera, nego grupa koja je gledala animaciju s tekstom na ekranu.

Ovaj princip neminovno podsjeća na princip redundantnosti. Koja je, dakle, razlika? Princip modaliteta zagovara korištenje oralnog objašnjenja riječima radije no korištenje tiskanog teksta ili teksta na ekranu. Na taj način smanjuje se opterećenje kod neophodnog procesuiranja. No, princip redundantnosti protivi se dizajnerovoj ideji da u svoju multimedijску instrukciju umetne i govorenu i tiskanu riječ jer bi tako prouzročio bespotrebno irelevantno opterećenje.

Princip personalizacije

„Ljudi bolje uče kada je jezik u multimedijскоj instruktivnoj poruci u razgovornom stilu, nego kada je u formalnom stilu“ (Mayer, 2005e, str. 201).

Personalizirati multimedijску instrukciju znači promijeniti formalne riječi u njihov prisniji oblik. Tako se prilikom objašnjavanja nekog sadržaja umjesto neutralnog trećeg lica, dizajner može odlučiti za objašnjavanje koje sadrži zamjenice *ja*, *ti* ili *vi* kako bi se učenik osjećao kao da je instrukcija namijenjena baš njemu. Mayer (2005e) tvrdi da se prilikom ovakvog neformalnog objašnjavanja sadržaja u učeniku budi njegovo socijalno biće što rezultira većom aktivnošću obrade.

Promjene u pristupu kod principa personalizacije su male, ali mogu značiti puno. Moreno i Mayer su 2000. godine proveli istraživanje u kojem su dvjema skupinama ljudi pokazali animacije s naracijom koje su sadržavale jednaki sadržaj. Jedna od njih je bila personalizirana, dok druga nije. Skupina ispitanika koja je gledala i slušala personaliziranu narativnu animaciju dala je bolje rezultate na testovima zapamćivanja i transfera od druge grupe koja je gledala i slušala formalnu narativnu animaciju.

Princip glasa

„Ljudi uče bolje iz multimedijске instruktivne poruke u kojoj riječi izgovara čovjek na standardnom jeziku, nego u kojoj riječi izgovara mehanički glas ili čovjek sa stranim naglaskom“ (Mayer, 2005e, str. 201). Dakle, poznati, prijateljski, standardni glas kod učenika bi mogao imati pozitivan učinak na socijalnu angažiranost.

Atkinson, Mayer i Merrill proveli su 2005. godine istraživanje u kojem su dvjema grupama ispitanika pokazali multimedijску instrukciju o aritmetici kroz koju ih je vodio lik na ekranu. Kod jedne grupe je Peedy, papagaj na ekranu, imao je mehanički glas, a kod druge grupe ljudski glas koji je govorio na standardnom govoru. Na testovima transfera skupina ispitanika koja je slušala instrukciju u kojoj je Peedy imao mehanički glas je dala lošije rezultate od skupine koja je slušala Peedyja kako govori standardnim jezikom.

Princip slike

„Ljudi uče bolje kada *zaslonski agent* (eng. *on-screen agent*) pokazuje ljudske geste i pokrete“ (E-Learning Heroes). Pod zaslonkim agentom misli se na animirani ili bilo kakav drugi lik koji je na ekranu i utjelovljuje nastavnika koji izlaže edukativni materijal. To mogu biti statični ili dinamički likovi, glave, roboti, životinje, ljudi ili nešto slični likovi kod kojih se čini da upravo oni govore o onome što se događa na ekranu.

Istraživanja (Atkinson, 2002; Mayer, Dow & Mayer, 2003) pokazuju da ukoliko je zaslonki agent neka statična slika, glava koja govori ili, recimo, neki animirani lik koji ima siromašan opseg pokreta, on nema velikog utjecaja na uspješnost učenja. Kako bi zaslonki agent uspješno potpomagao usvajanje gradiva, on ne mora nužno biti animacija čovjeka, ali mora biti personificiran: mora imati ljudske geste i pokrete, izraze lica i uspostavljati kontakt očima s učenikom (Lusk & Atkinson, 2007). Također je provedeno istraživanje u kojem su se pratili pokreti očiju ispitanika (Louwerse, Graesser, McNamara & Lu, 2009) koji su pratili multimedijску instrukciju na kojoj je bio prikazan zaslonki agent. Ono je pokazalo da ispitanici promatraju i prate zaslonkog agenta dok gestikulira i govori čime možemo zaključiti da ga tretiraju kao neku vrstu sugovornika.

8. Osvrt na Duolingo i Memrise u kontekstu KTMU-a

Duolingo je jedna od svjetski najpopularnijih aplikacija za učenje stranih jezika, a 2013. bila je proglašena sveukupno najboljom aplikacijom u Google Play trgovini i u App Store trgovini. Uči se nekoliko minuta dnevno, fokus je na učenju vokabulara, a ne na gramatici, postupno se od lakših lekcija dolazi do onih težih. U kolovožu 2018. ukupno je brojio 300 milijuna registriranih korisnika te nudio tečajeve iz 81 jezika (Wikipedia e). Dostupan je na [duolingo.com](https://www.duolingo.com).

Memrise je također vrlo poznata aplikacija za učenje stranih jezika. On radi na principu memoriziranja pomoću kartica te ponavljanja upamćenih riječi i fraza u određenom vremenskom razmaku. Specijaliziran je za učenje jezika, ali nudi i tečajeve iz ostalih polja poput geografije, biologije ili bilo čega drugog. Tečajeve mogu izrađivati i korisnici pa je zbog toga ponuda tečajeva široka. Memrise koristi 20 milijuna registriranih korisnika te nudi tečajeve za oko 150 jezika (Wikipedia f). Dostupan je na adresi memrise.com.

U Duolingu, kada je pojedina riječ prvi put prezentirana, bit će prikazana slikom, tekstom na ekranu, ali će ju u pozadini i pročitati izvorni govornik, što ju čini materijalom koji će biti obrađen kroz oba kanala obrade informacija. S obzirom na to da se kod ove aplikacije za savladavanje svake pojedine lekcije dobivaju bedževi i novčići Lingoti, uvelike podsjeća na igricu što zasigurno kod korisnika potiče motivaciju. Nakon izvršavanja zadatka, s obzirom na to je li je on točan ili netočan, na ekranu se pojavljuje vrlo upadljiva povratna poruka („Tvoj je odgovor točan!“ ili, u slučaju netočnog odgovora, „Točan odgovor je...“) što ukazuje na instrumentalno uvjetovanje (vidi str. 9). Lekcije nisu predugo i zbog toga kratkoročno pamćenje korisnika nije preopterećeno. Također, kod Duolinga vidimo pokušaj zaslonskog agenta, ali on nema ljudske geste i pokrete, niti izraze lica. Duolingo je u skladu s principima koherentnosti (na ekranu su samo relevantne slike i riječi, bez suvišnih dosjetki, fotografija ili napadnih boja), prostorne (riječi i slike su na ekranu jedno blizu drugog) i vremenske usklađenosti (prilikom učenja novih riječi, istodobno čujemo njen izgovor te ju vidimo na ekranu; postoji i gumb koji možemo pritisnuti ako želimo opet čuti izgovor), segmentacije (jedna se lekcija sastoji od svega nekoliko novih riječi), personalizacije (služeći se aplikacijom s vremena na vrijeme možemo dobiti poruku na ekranu u kojoj je naveden naš Nadimak zbog čega nam se to čini kao direktno obraćanje nama) i glasa (riječi izgovaraju izvorni govornici).

U timu ljudi koji su razvili Memrise se nalaze i neuroznanstvenici, pa u osvrtu na ovu aplikaciju krećem s pretpostavkom da su znali kako ljudski mozak funkcionira prilikom učenja. To se zapravo i vidi kod nekih značajki. Prilikom učenja novih riječi, ona je prikazana slovima na ekranu, a istovremeno ju izgovara i glas u pozadini što nam omogućava njeno istovremeno percipiranje kroz dva kanala. Već je spomenuto da

Memrise radi na principu memoriziranja pomoću kartica koje prikazuju razne informacije i asocijacije o pojmu koji se uči što korisnicima može pomoći da ih povežu s nečim što već od ranije znaju te ih na taj način zapamte. To mogu, recimo, biti slike ili šaljive fraze. Korisnik na taj način jača svoje mentalne asocijacije pa možemo reći da kodira ulazne informacije. Aplikacija će nakon, recimo, dvije minute od nas tražiti da riječ ponovimo, zatim će tražiti to isto nakon 5 minuta pa nakon 15 min itd. Konstantno će tražiti da ponovimo riječ te na taj način neće dopustiti da zaboravimo ono što smo memorizirali, a upravo to uporno ponavljanje može djelovati besmisleno i demotivirajuće. Koristimo riječ *memorizirali* upravo zato što je svrha učenja u Memrise-u zapravo zapamćivanje vokabulara. Tečajevi se sastoje od vježbi intenzivnog ponavljanja, ali bez nekih objašnjenja, na primjer, zašto se neka riječ izgovara na određeni način ili na koji način su riječi u rečenici međusobno povezane. Memrise je napravljen u skladu s principom koherentnosti (prilikom učenja nove lekcije na ekranu je bespotreban jedino Memrise logo, koji je uvijek na istom mjestu pa ga je lako ignorirati te ne odvlači pažnju), vremenske povezanosti (istovremeno možemo na ekranu vidjeti pisanu riječ te čuti izgovor te riječi) i segmentacije (jedna lekcija se sastoji od tek nekoliko novih riječi koje se prije njenog završetka konstantno propitkuju). Budući da se radi o aplikaciji za učenje jezika, on također slijedi princip glasa (riječi izgovaraju izvorni govornici), što je i za očekivati.

Lekcije u Duolingu su segmentirane u manje dijelove, što ima pozitivan učinak na kognitivnu opterećenost. Lekcije u Memriseu su također segmentirane na manje dijelove, ali se jedna riječ propitkuje više puta što dodaje na duljini lekcije. Ukoliko kod Memrisea korisnik želi vidjeti sliku, on mora prvo pritisnuti gumb *Pomozi mi da ovo zapamtim*, čime se troše kognitivni resursi, dok Duolingo automatski pokazuje i riječ i sliku. Duolingo slijedi princip personalizacije, a Memrise ne, pa se može zaključiti da St Duolingo slijedi više principa prema kriterijima KTMU-a.

9. Zaključak

Multimedij je jedinstvena poruka koja istovremeno i na istom mjestu prenosi slikovne i verbalne podražaje koji se međusobno nadopunjuju.

Odavno je uočeno da multimedij obrazovanju može donijeti mnoge pogodnosti, ali tek razvojem računala, čija je posljedica bila široka dostupnost korištenja i oblikovanja multimedijske instrukcije, postalo je jasno da se realizacija pogodnosti mora istražiti kako bi se one maksimalno iskoristile. Nije neuobičajeno da nastavnik, dizajner ili bilo koja druga osoba koja odluči oblikovati neku multimedijску instruktivnu poruku to napravi po svojem vlastitom unutarnjem nahođenju. Rezultat takvog rada mogu biti dugi i energični video klipovi s bliještećim slovima, loše strukturiranim i nepovezanim porukama te dijaprojeksijom za temu irelevantnih slika čija je namjena motivirati učenika. Ako neku poruku nazivamo instruktivnom, onda ovakav video klip neće ispuniti svoju primarnu svrhu poučavanja, već će izmoriti učenika u pokušaju obrađivanja neorganiziranih informacija u mnoštvu zamki koje privlače pažnju.

U radu su predstavljena tri koraka oblikovanja učinkovite multimedijske instruktivne poruke, odnosno tri pitanja koja bi dizajner morao postaviti na samom početku svakog novog projekta. Dizajner prvo mora odlučiti koji će biti cilj njegove multimedijske instrukcije. Hoće li to biti puko pamćenje informacija? Hoće li to biti razumijevanje sadržaja kako bi se novo znanje moglo koristiti u budućim situacijama?

Nakon što je odredio cilj, dizajner treba uvažavati način na koji ljudski um obrađuje informacije dobivene iz slika i riječi. Tu se koriste saznanja koja daje kognitivna teorija multimedijskog učenja te tri ranije teorije na kojima se ona zasniva – Swellerova teorija kognitivnog opterećenja, Baddeleyjeva teorija radnog pamćenja i Paivijeva teorija dvostrukog kodiranja. Opisani pristup ukazuje da bihevioralna aktivnost sama po sebi ne znači kognitivnu angažiranost, a da bi učenik gradio novo znanje, on mora biti kognitivno angažiran. Čovjekovo pamćenje sastoji se od tri razine – senzornog (koje prima podražaje iz okoline), kratkoročnog (u kojem obrađuje informacije) te dugoročnog (u koje pohranjuje znanje). Pojedinaac aktivno sudjeluje u usvajanju znanja; on ulazne

informacije kodira u vizualnom/slikovnom i slušnom/verbalnom kanalu, organizira ih te integrira s prethodno usvojenim znanjem. Ali isto tako, ljudski um ima određena ograničenja na koja treba obratiti pažnju.

Pri oblikovanju kvalitetne multimedijske instruktivne poruke važno je slijediti pravila izvedena iz kognitivne teorije multimedijskog usvajanja znanja, odnosno principe multimedijskog dizajna. Multimedijska će instrukcija tada biti prilagođena učeniku, usmjeravati ga, motivirati (ali ne ometati) te mu pomoći u usvajanju gradiva koje duboko razumije i koje će moći koristiti u novim situacijama u budućnosti.

Istraživanja i razvoj teorija o multimedijskoj instrukciji su od svojih početaka bila većinom bili fokusirana na kognitivne značajke. No, kao što to možemo vidjeti na primjeru zadnjeg, a ujedno i najnovijeg principa dizajna multimedijske instrukcije – principa slike, u novije vrijeme sve se više pažnje pridaje onim nekognitivnim elementima multimedijskog učenja – emocionalnom dizajnu i motivaciji. Estetski privlačan emocionalni dizajn multimedijske instruktivne poruke, npr. oblici koji podsjećaju na ljudski izgled, likovi koji imaju ljudske karakteristike, svijetle boje poput žute i narančaste itd. (Plass et al., 2014), u učeniku budi pozitivne emocije i pozitivno raspoloženje. „...[Učenici] percipiraju takve materijale manje teškima, ulažu više mentalnog truda u obradu sadržaja, iskazuju veću razinu motivacije, zadovoljstva...“ (Plass et al. 2014, str. 137). Tako Liew, Zin, Sahari i Tan (2016) istražuju utjecaj smješka na licu *zaslonskog agenta* na motivaciju i učenikove emocije. Oni u svojim radovima ističu potrebu za daljnjim ispitivanjima veze između kognitivnih procesa, emocija, raspoloženja i motivacije.

Noviji razvoj istraživanja multimedijske instruktivne poruke intenzivnije započet unatrag desetak godina ide u smjeru istraživanja utjecaja pozitivnih i negativnih emocija na multimedijsko učenje (Liew i Tan, 2016). Plass i Kaplan (2016) opisuju integrirani kognitivni afektivni model multimedijskog učenja (*Integrated Cognitive Affective Model of Learning with Multimedia*, ICALM) s glavnom postavkom da se kognitivni i afektivni procesi moraju promatrati povezano i ističući važnost emocionalnog dizajna multimedijske poruke u procesu poboljšanja usvajanja znanja.

10. Literatura

- Anić, V.; Rječnik hrvatskoga jezika. Zagreb : Novi Liber, 2007.
- Atkinson, R. K.; Mayer, R. E.; Merrill, M. M.; *Fostering Social Agency in Multimedia Learning: Examining the Impact of an Animated Agent's Voice*. // Contemporary Educational Psychology, 30. 2005. str. 117 – 139.
- Atkinson, R. K.; *Optimizing Learning From Examples Using Animated Pedagogical Agents*. // Journal of Educational Psychology, 94. 2002, str. 416 – 427.
- Baddeley, A. Working Memory. // Science. Vol. 255 (1992). str. 556 – 559. Preuzeto 28. srpnja, 2018 s <https://bit.ly/2PmTXnm>
- Clark, R. C.; Mayer, R. E.; e-Learning and the Science of Instruction. 3rd ed. San Francisco : Pfeiffer, 2011.
- E-Learning Heroes. *Multimedia Learning Principles for Course Designers #126*. Preuzeto 14. rujna 2018. s <https://community.articulate.com/articles/multimedia-learning-principles>
- Elsom-Cook, M. Principles of Interactive Multimedia. London : The McGraw-Hill Companies, 2001.
- Heart Association. *The Three Metaphors of Learning*. Preuzeto 18. srpnja 2018 s <http://www.heartassociation.eu/the-three-metaphors-of-learning/>
- Hrvatska enciklopedija. *Multimedij*. Preuzeto 10. srpnja 2018 s <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=42383> 7.8.2018
- Jukić, R.; Konstruktivizam kao poveznica poučavanja sadržaja prirodosnanstvenih i društvenih predmeta. // Pedagogijska istraživanja, 10 (2). 2013. str. 241 – 263.

- Liew, T.; Tan, S. *The Effects of Positive and Negative Mood on Cognition and Motivation in Multimedia Learning Environment* // Educational Technology & Society, 19 (2). 2016. str. 104 – 115.
- Liew, T. W.; Zin, N. A. M.; Sahari, N.; Tan, S. *The Effects of a Pedagogical Agent's Smiling Expression on the Learner's Emotions and Motivation in a Virtual Learning Environment*. 2016. Preuzeto 23. rujna, 2018. URL: <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/2350/3862>
- Louwerse, M. M.; Graesser, A. C.; McNamara, D. S.; Lu, S. (2009). *Embodied Conversational Agents as Conversational Partners*. // Applied Cognitive Psychology, 23(9). 2009. str. 1244 – 1255.
- Lusk, M. M.; & Atkinson, R. K. Animated Pedagogical Agents: Does the Degree of Embodiment Impact Learning From Static or Animated Worked Examples? // Applied Cognitive Psychology, 21, 2007. str. 747–764.
- Magner, U. I.E.; Schwonke, R.; Aleven, V.; Popescu, O.; Renkl, A. *Triggering situational interest by decorative illustrations both fosters and hinders learning in computer-based learning environments* // Learning and Instruction, 29, 2014. str. 141-152.
- Mateljan, V.; Širanović, Ž.; Šimović, V. *Prijedlog modela za oblikovanje multimedijских web nastavnih sadržaja prema pedagoškoj praksi u RH*. // Informatologia. Vol. 42 No. 1, 2009, str. 38 – 44.
- Mayer, R. E. *Cognitive Theory of Multimedia Learning*. // The Cambridge Handbook of Multimedia Learning / uredio Richard E. Mayer. New York : Cambridge University Press, 2005a. str. 31 – 48.
- Mayer, R. E. *Incorporating motivation into multimedia learning*. // Learning and Instruction 29 (2014). 171 – 173.
- Mayer, R. E. *Introduction to Multimedia Learning*. // The Cambridge Handbook of Multimedia Learning / uredio Richard E. Mayer. New York : Cambridge University Press, 2005b. str. 1 – 16.

- Mayer, R. E. Multimedia learning. Cambridge : Cambridge University Press, 2001.
- Mayer, R. E. *Principles for Managing Essential Processing in Multimedia Learning: Segmenting, Pretraining, and Modality Principles*. // The Cambridge Handbook of Multimedia Learning / uredio Richard E. Mayer. New York : Cambridge University Press, 2005e. str. 201 – 2012.
- Mayer, R. E. *Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles*. // The Cambridge Handbook of Multimedia Learning / uredio Richard E. Mayer. New York : Cambridge University Press, 2005c. str. 183 – 200.
- Mayer, R. E. *Principles of Multimedia Learning Based on Social Cues: Personalization, Voice, and Image Principles*. // The Cambridge Handbook of Multimedia Learning / uredio Richard E. Mayer. New York : Cambridge University Press, 2005d. str. 169 – 182.
- Mayer, R. E. *Systematic Thinking Fostered by Illustrations in Scientific Text*. // Journal of Educational Psychology, 81. 1989. str. 240 – 246.
- Mayer, R. E.; Applying the science of learning: Evidence-Based Principles for the Design of Multimedia Instruction. // American Psychologist. Vol. 63 (2008). str. 760 – 769. Preuzeto 18. srpnja 2018. s <https://www.researchgate.net/publication/23478495>
- Mayer, R. E.; Designing instruction for constructivist learning. // Instructional design theories and models / Uredio C.M. Reigeluth. Vol. 2. New York: Routledge, 1999. str. 141-159. Preuzeto 18. srpnja 2018 s <https://bit.ly/2N1yZgd>
- Mayer, R. E.; Dow, G.; Mayer, S. *Multimedia Learning in an Interactive Self Explaining Environment: What Works in the Design of Agent-Based*

Microworlds?. // Journal of Educational Psychology 95. 2003. str. 806 – 813.

- Mayer, R. E.; Heiser, J.; Lonn, S. *Cognitive Constrains on Multimedia Learning: When Presenting More Material Results in Less Understanding*. // Journal of Educational Psychology, Vol. 93, No. 1, 2001. str. 187 – 198.
- Mayer, R. E.; Moreno, R.; *A Split Attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for Dual Processing Systems in Working Memory*. // Journal of Educational Psychology, 90. 1998. str. 312 – 320.
- Mayer, R. E.; Moreno, R.; *Cognitive Principles of Multimedia Learning: The Role of Modality and Contiguity*. // Journal of Educational Psychology, 91. 1999. str. 358 – 368.
- Mayer, R. E.; Sims, V. K. *For Whom Is a Picture Worth a Thousand Words? Extensions of a Dual-Coding Theory of Multimedia Learning*. // Journal of Educational Psychology. Vol. 86, No. 3 (1994) . str. 389 – 401.
- Paivio, A.; *Imagery and Verbal Processes*. New York : Holt, Rinehart & Winston. 1971.
- J. L. Plass and U. Kaplan. *Emotional design in digital media for learning*. // *Emotions, Technology, Design and Learning* / uredili S. Tettegah and M. Gartmeier, str. 131–162, Elsevier, London, UK, 2016.
- Plass, J. L.; Heidig, S; Hayward, E. O.; Homer, B. D.; Um, E. *Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color on affect and learning*. // *Learning and instruction* 29 (2014). str. 128 – 140.
- Pollock, E.; Chandler, P.; Sweller, J. *Assimilating complex information*. // *Learning and Instruction*, 12. 2002. str. 61 – 86.
- Psychology Unlocked. *Working Memory*. Preuzeto 10. kolovoza 2018. s <http://www.psychologyunlocked.com/working-memory/>

- Reed, S. K. Cognition: Theories and Application. 9. izd. Belmont : Wadsworth CENGAGE Learning. 2013. str. 155 – 158. Preuzeto 10. kolovoza 2018. s <https://bit.ly/2MFOOKg>
- Rončević Zubković, B. *Ustrojstvo radnog pamćenja i njegova uloga u jezičnom procesiranju* // Psihologijske teme 19, 1. str. 1-29. 2010
- Simon, H. A.; Gilmarin, K. A Simulation of Memory for Chess Positions. 1973. Preuzeto 5. kolovoza, 2018. s <http://digitalcollections.library.cmu.edu/awweb/awarchive?type=file&item=42223>
- Sorden, S. D. . *A cognitive approach to instructional design for multimedia learning*. // Information Science Journal 8, 2005. str. 263 – 279.
- Sorden, S. D. The Cognitive Theory of Multimedia Learning. 2012. Preuzeto 10. srpnja 2018. s http://sorden.com/portfolio/sorden_draft_multimedia2012.pdf
- Standing, L. *Learning 10000 pictures*. // Quarterly Journal of Experimental Psychology 25 (1973). str. 207 – 222.
- Sweller, J. *Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning*. // The Cambridge Handbook of Multimedia Learning / uredio Richard E. Mayer. New York : Cambridge University Press, 2005. str. 19 – 30.
- Širanović, Ž.; Rajković, I.; Širanović, Ž. *Načela kognitivnog pristupa u oblikovanja multimedijских obrazovnih e-sadržaja*. // Tiskarstvo i dizajn / uredila Jasna Žiljak Vujić, 2014. str. 124 - 129.
- Vizek Vidović, V.; Rijavec, M.; Vlahović-Štetić, V.; Miljković, D. Psihologija obrazovanja. Zagreb : VERN, 2003.
- Wikipedia a. Cognitive Miser. Preuzeto 10. kolovoza 2018. s https://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive_miser

- Wikipedia b. Dual coding theory. Preuzeto 19. kolovoza 2018. s
https://en.wikipedia.org/wiki/Dual-coding_theory
- Wikipedia c. *Law of effect*. Preuzeto 18. srpnja 2018. s
https://en.wikipedia.org/wiki/Law_of_effect#cite_ref-gray_1-1
- Wikipedia d. LC4MP. Preuzeto 21. srpnja 2018. s
<https://en.wikipedia.org/wiki/LC4MP>
- Wikipedia e. *Duolingo*. Preuzeto 15. rujna 2018. s
<https://en.wikipedia.org/wiki/Duolingo>
- Wikipedia f. Memrise. Preuzeto 15. rujna 2018. s
<https://en.wikipedia.org/wiki/Memrise>
- Youtube. Working Memory | Baddeley & Hitch 1974 | Memory | Cognitive Psychology. Preuzeto 28. srpnja 2018. s
https://www.youtube.com/watch?time_continue=263&v=1xwNFb9tsxg